Ⅳ．家庭用燃料電池の保安に係る技術的検討結果について

第１章　燃料電池設備（改質器，セルスタック等）に係る検討結果

１．検討の範囲と検討内容

本章では，家庭用小型固体高分子形燃料電池（以下 PEFC と称す）コージェネレーションシステムのうち，改質器やセルスタックなどの直流電力を発生するまでの燃料電池設備及び貯湯システムについて，現行の技術基準や電気主任技術者による安全を踏まえ，小出力発電設備が有すべき安全上必要な構造面・機能面の安全性に係る要件の整理について検討した結果を示す。

検討に際しては，平成 14 年 5 月に原子力安全・安全院の電力安全小委員会中間報告に「民間事業者では，業界団体等において国際標準も視野に入れた自主的な安全基準の検討と策定，第三者認証や保守点検の在り方等についての検討が進められており，これが国の検討と相まってより高い安全性の確保につながることが望まれる。」と報告されていることを踏まえ，（社）日本電機工業会（ＪＥＭＡ）と(社)日本ガス協会（ＪＧＡ）でとりまとめた「小型固体高分子形燃料電池システムの安全に関する基準･規格の調査(第 2 次素案)(以下自主基準案と称す)」をベースに安全性の確保を議論した。また，燃料電池に関連すると思われる他の規格，規約，基準なども参考に技術基準への反映が必要な事項の整理を行った。

２．「小型固体高分子形燃料電池システムの安全に関する基準･規格の調査(第 2 次素案)」作成の経緯と概要

2.1 作成経緯

ＪＥＭＡでは従来小型燃料電池（20ｋＷ未満）を一般用電気工作物に位置付けるように規制適正化を要望してきた。そうした活動を通して，わが国には小型燃料電池に関する業界基準がなく，規制適正化のためには安全に関する自主基準作りが急務であることが明確となった。また，活発化している燃料電池の国際標準化活動において，わが国が標準化活動をリードするためにも早急に自主基準を整備する必要が出てきた。

そこで，ＪＥＭＡでは，小型 PEFC コージェネレーションシステム導入普及時の環境整備及び小型燃料電池の一般用電気工作物への規制適正化促進の一環として，小型 PEFC コージェネレーションシステムの安全に関する基準･規格の調査を行い「小型固体高分子形燃料電池システムの安全に関する基準・規格の調査（自主基準　第１次素案)」という形で現行の電気事業法，電気設備に関する技術基準を定める省令やその解釈，発電用火力設備に関する技術基準を定める省令などを参考に，2001 年 9 月 4 日にとりまとめ，そ

の後ＪＧＡでの「燃料電池普及基盤整備事業　定置用固体高分子形燃料電池の普及基盤整備」（以下定置用ミレニアム事業と称す）で検討していた基本性能試験方法や安全性等評価方法を取り入れ，自主基準の第２次素案として2002年3月にまとめた。

2.2 自主基準案の概要

「総則」には小型のPEFCコージェネレーションシステムを設計，製作，設置及び保守管理する上での技術的事項を定め，家庭等での小型PEFCコージェネレーションシステムの安全性と利便性を保障することを述べている。対象としては定置用及び可搬用 PEFCシステム，定格出力 20ｋW未満，交流出力 220Ｖ以下である。製品の安全性確保については，以下のような項目に分けて，技術基準として定めており，設計から運転・保守まで全体を含んだ内容になっている。

・設計・製作時の際の材料や構造（一般材料の選定方法，配管構造・材料，バーナ構成)），電気的構成（電気装置関連部品構造，パワーコンディショナ，絶縁性能など）
・運転時に必要な保護装置機能（設置すべき保護機能，確認動作試験など）
・製品出荷時の試験及び検査（電気関係試験，気密試験，特性試験方法など）
・製品の表示方法及び取扱説明書
・保守・点検

３．小型PEFCコージェネレーションシステムの基本的な作動原理及び制御方法

前述した自主基準案に盛り込まれている内容も含め，現在考えられている小形 PEFCコージェネレーションシステムについて，一般的な例である水蒸気改質反応を利用した場合の基本的な作動原理及び制御方法についてまとめた。安全要件の抽出に際しては，燃料電池の作動原理，制御方法を理解した上で検討を進めるのが望ましい

3.1 作動原理について

3.1.1 作動原理

- 燃料改質装置に供給された原燃料（例としてメタン）と水は，燃料改質装置内の各反応器内の各種触媒により脱硫反応，改質反応，シフト反応，ＣＯ選択酸化反応を行い水素主成分の改質ガスとなり，燃料電池セルスタックに供給される。（燃料改質装置は，脱硫器，改質器，ＣＯ変成器，ＣＯ除去器から構成される）

  燃料改質装置：$CH_4 + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 4H_2$

- 燃料電池セルスタックで改質ガス中の水素の70～80％が発電のために消費される(燃料利用率 70～80％)。

  燃料電池セルスタック：$H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$

- 残りの 30～20％の水素は，電池オフガスとして改質器バーナで燃焼され，改質器を適正な温度に維持する。

3.1.2 作動原理の説明

- 小型 PEFC コージェネレーションシステムは，システム熱効率を高く維持するために，原燃料系は改質器を中心に閉じた系で構成されている。さらに，燃料改質装置内の各反応器の温度及び燃料電池セルスタックの燃料利用率を適正値に維持するように熱バランスとりながら作動している。
- 熱バランスが壊れると，燃料電池セルスタックに供給される改質ガス中の水素ガス量が不足又はＣＯ濃度が高くなり，電池電圧が低下する。
- 改質器における改質反応は吸熱反応であるため，反応に必要な熱を改質器バーナの燃焼熱として供給する必要がある。

3.2 基本的な制御方法について

小型 PEFC コージェネレーションシステムは，全ての機器が下記に示す設定範囲(代表例)に制御されて作動している。この中の１つでも設定値を外れるとシステムとしての熱バランスが変化するため，燃料改質系温度高，電池電圧低，電池温度高，バーナの立ち消えの何れかを検知して PEFC コージェネレーションシステムは安全に停止する。

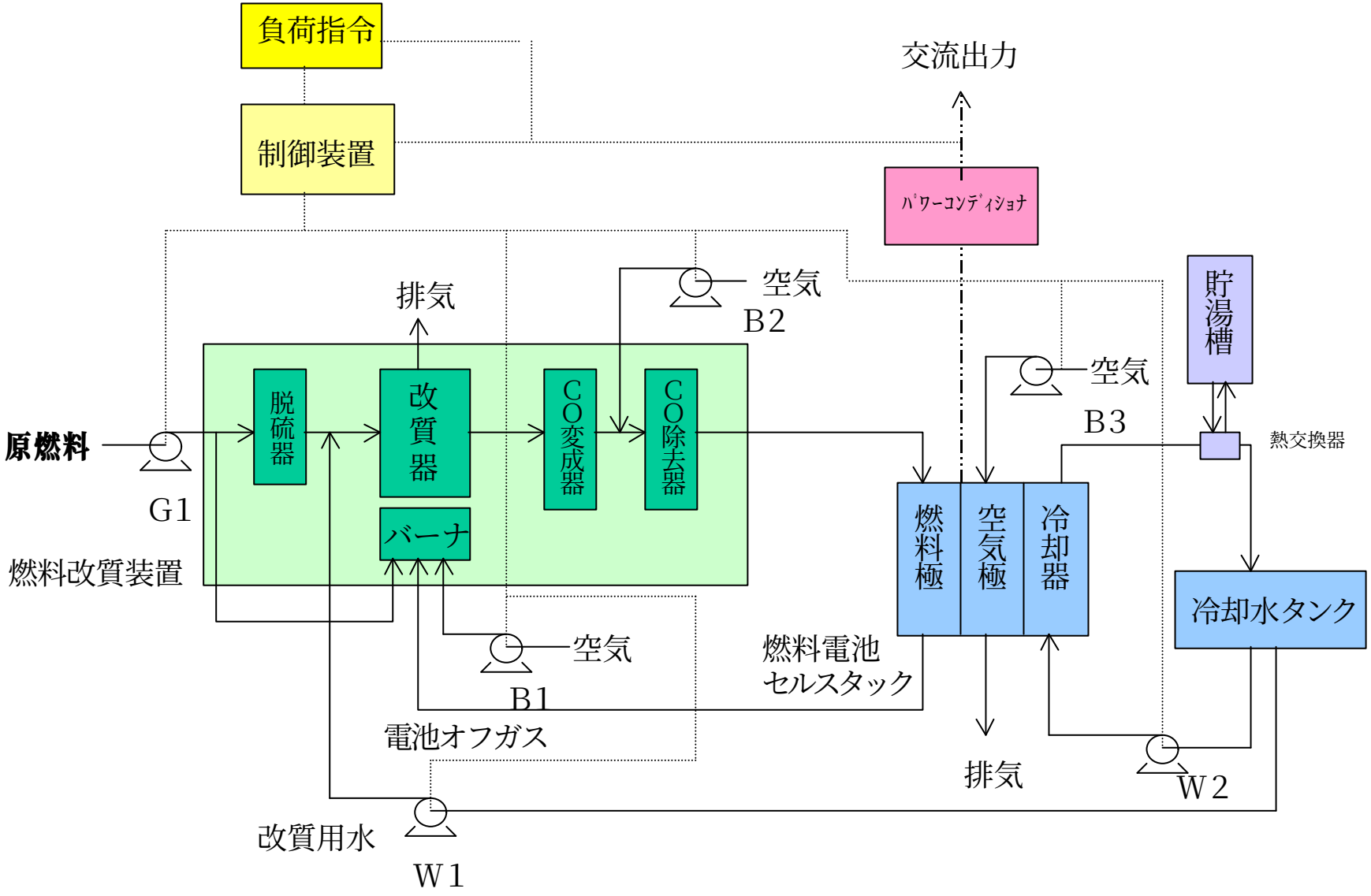
3.2.1 各反応器の設定温度(代表例)

- 脱硫器：常温又は 150～300℃
- 改質器：700℃程度
- ＣＯ変成器：250℃程度
- ＣＯ除去器：130℃程度

3.2.2 制御方法の例(数値は代表例)

PEFC コージェネレーションシステムは，熱効率を高く維持するためにそれぞれ適正範囲に制御され作動している。

- 原燃料は，負荷に応じて予め定められた量だけ導入する。(**図１１**のＧ１による)
- 改質用スチームは，導入された原燃料量に応じて予め設定された比率（スチーム／原燃料中の炭素＝2.5～3）になるように導入する。
  （改質触媒表面に炭素が付着して触媒能が低下するのを防ぐため）（Ｗ１）
- 燃焼用空気は，改質器バーナに導入される燃料の種類・量等に応じて予め設定された比率になるように制御する（Ｂ１）
- 改質ガス中のＣＯ濃度を低減するためにＣＯ除去器へ導入される空気量は，導入されるガス中のＣＯ量に応じて予め設定された比率（空気中の酸素／ガス中のＣＯ＝１～1.5）になるように導入する（Ｂ２)。
- 燃料電池セルスタックに導入される反応空気量は，負荷に応じて予め定められた量（燃料電池セルスタックで使用される酸素／導入された空気中の酸素×100＝40～50％）だけ導入する（Ｂ３)。
- 燃料電池セルスタック温度を規定された温度（75～80℃）に制御する（Ｗ２）


負荷指令
制御装置
交流出力
ﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅ
排気
空気
B2
貯湯槽
空気
B3
原燃料
脱硫器
改質器
CO変成器
CO除去器
熱交換器
G1
バーナ
燃料改質装置
燃料極
空気極
冷却器
冷却水タンク
空気
B1
燃料電池
セルスタック
電池オフガス
排気
W2
改質用水
W1

3.3 経時変化した場合の安全性の確保

PEFC コージェネレーションシステムは，運転時間が長くなるにしたがって発生する経時変化に対しては，ある程度まで許容できるように設計されている。

万一，許容できる範囲を超えた場合でも，次に示すように異常を検知しシステムは安全に停止する。

3.3.1 経時変化により改質装置の各触媒能力が低下した場合

- 脱硫触媒の劣化：改質触媒が硫黄被毒され改質能力が低下 → 水素量不足 → 電池電圧低 → 停止
- 改質触媒の劣化：ア)水素量不足 → 電池電圧低 → 停止
  イ）改質触媒温度の設定値を上昇させる → 燃料改質系温度高又は水素量不足による電池電圧低 → 停止
- ＣＯ変成触媒の劣化：ＣＯ変成器出口ガス中のＣＯ濃度上昇 → 燃料電池セルスタックの電極触媒被毒 → 電池電圧低 → 停止
- ＣＯ除去触媒の劣化：ＣＯ除去器出口ガス中のＣＯ濃度上昇 → 燃料電池セルスタックの電極触媒被毒 → 電池電圧低 → 停止

3.3.2 経時変化により燃料電池セルスタックの材料が劣化した場合

- 電解質のクロスリークが増大 → 電池電圧低 → 停止
- 燃料電池セルスタックからのガスリーク量の増大 → 可燃性ガス検知 → 停止

いずれの場合も，システムは安全に停止する方向に動作するため，経時変化が発生しても安全を確保できる。

４．家庭用燃料電池の保安に関連する諸規程・基準

電気事業法，消防法，電気設備の技術基準，発電用火力設備の技術基準，などの現行法規のほか，基準規格を調査し，家庭へ燃料電池を設置する際の安全性確保の参考になり得るかどうかの検討を行った。検討結果は後述する安全要件の抽出一覧表に反映した。

５．家庭用燃料電池の保安に係る安全要件の抽出

家庭に設置した場合の考えうるハザード(危険因子)をできるだけ詳細に抽出することとし，それに対して原因，考えうる対策，現行基準･規格との対応などを整理することで家庭用燃料電池が有すべき安全要件をまとめた。

5.0.1 ハザードの抽出

家庭用保安技術検討会で提示された安全上の基本的要件について，家庭に設置した場合を想定し，主婦や子供，高齢者を含む燃料電池についての専門家でない方が取り扱う

際のハザードとしてより具体的な項目を抽出した。それらの「原因」についても様々な視点から可能な限り抽出し，具体的に表記した。

5.0.2 考えうる対策

原因に対応した内容毎に対策を抽出した。例えば，着火することに対しては「漏洩」「爆燃気」「着火源」などに分解し，「漏洩」についても「機器本体」「配管接続部」など細かく分解するなどして抽出した。また，構造的な側面，機能的な側面に分解して抽出した。例えば，構造的側面として可燃性ガス検知器は設置することと，機能的側面として検知器が機能して停止することという様にそれぞれ抽出した。

5.0.3 関連する現状の規格・規程

対策項目に対応した現状の規格・基準を調査，抽出し,安全が具体的にどのように確保されているかを検討確認した。自主基準案のほかにも，必要に応じて関連規格・基準を調査，抽出した。**表 3** に一覧としてまとめた。

5.0.4 要検討項目

関連する現状の規格・規程でカバーできていない場合，どのような検討項目があるかまとめた。また，現行の規格・基準でカバーできていても厳しすぎるもの，そぐわないものも記入し，規制の適正化という観点で抽出を行った。

あわせて実機でのデータなどでの検証が必要な場合にはこの欄にまとめた。

上記の抽出方法に基づき，集約された一覧を**安全要件の抽出表**として示す。その一覧表の解説を以降に示す。

表３　　関連規格･基準一覧表

- 電気事業法
- 電気設備に関する技術基準を定める省令
- 電気設備の技術基準の解釈
- 発電用火力設備に関する技術基準を定める省令
- 火災予防条例例
- 業務用ガス機器の設置基準及び実務指針
- 家庭用ガス機器の設置基準及び実務指針
- 系統連系技術要件ガイドライン
- 電気安全環境研究所認証試験関連項目
- 小型固体高分子形燃料電池の安全に関する基準･規格の調査(自主基準第二次素案)
- JIA F 025-01 小型ガスエンジンコージェネ検査規程
- JIS S 2092　家庭用ガス燃焼機器の構造通則
- JIS S 2109　家庭用ガス温水機器
- JIS S 3024　石油小形給湯機
- JIS C 9219　貯湯式電気温水器
- JIS C 8980　小出力太陽光発電用パワーコンディショナ
- JIS (提案中) 住宅用システム電気系安全性設計標準
- JEAC 5002　燃料電池発電規程
- JGA C01-01　発電用ガスエンジン安全技術指針
- JEAG 9701-2001 分散型電源系統連系技術指針
-

5.1 構造面における安全要件の抽出

5.1.1 人体に対する危険の防止

人体に対するハザードとして，火災，爆発，感電，CO 中毒，酸欠，転倒，漏水，火傷，給湯水質悪化，土壌汚染(地下水汚染)の 10 項目に亘る事象・項目を抽出した。抽出にあたっては，PEFC の構造面の不適合により引き起こされ得るハザードで，直接的に人体に対して危険を及ぼす影響のあるものの他，間接的にその可能性のあるハザード（漏水，土壌汚染（地下水汚染））も挙げ，それらも含めた各項目毎に，安全要件の整理を行った。

(1) 火災

火災に関しては可燃性ガス・液体燃料漏洩，漏電・過電流，高温排気・換気，高輻射熱に起因するといった内容のハザードが抽出された。考えうる対策として，例えば可燃性ガス・液体燃料漏洩に関しては，機器・配管から漏洩しない構造や施工方法にすることや，漏洩しても可燃性ガスが滞留しないような構造，また可燃性ガス検知器などで検知できることで，安全は確保されると考えられる。それらは自主基準案にまとめられている内容，もしくは他の基準も参考にすることで基本的には十分安全を確保できるものと考えられ，他のハザードに関しても同様であった。ただし，一部項目（可燃性ガス漏洩検知方法，パッケージ表面からの輻射熱の影響（設置離隔距離））に関しては，以下にまとめる通り，議論・継続検討の対象とした。

可燃性ガス漏洩時検知方法に関しては，可燃性ガス検知器による検知方法の他に，燃料漏洩に伴う燃料電池プロセス内の熱物質収支の異常（例えば，改質ガス漏洩による燃料極オフガス熱量減少に起因する改質器温度低下，補助燃料流量増加などの事象）による検知もあり得るという議論がなされた。熱物質収支の異常による漏洩検知については，機種毎に特性が大きく異なるので，機種毎の検討・確認が必要と考えられる。なお，電気事業法関連の規定に則った自主基準案では具体的な可燃性ガス漏洩検知方法は規定されておらず，基本的に可燃性ガス漏洩自体を検知できればその方法を問わず安全を確保できるので，自主基準案にまとめられている内容で十分に安全を確保できるものと考えられる。

パッケージ表面からの輻射熱の影響（設置離隔距離）に関しては，自主基準案の規定で安全が確保されるが，その運用にあたって，定置用ミレニアム事業における実機検証結果を受けた家庭用燃料電池の設置基準も加える形で改訂される予定の「ガス機器の設置基準及び実務指針」を参考にすべきと考えられる。

他に今回優先的検討対象とはなっておらず，自主基準案においても液体燃料機種を当面対象としていないが，液体燃料機種特有のハザード（液体燃料漏洩や保有液体燃料への直射日光等による影響）に関しても検討した。液体燃料機種に特有である燃料供給部分に対する安全の確保に関しては，従来の石油機器（給湯器等）と同等の扱いで問題ないという観点から，燃焼機器関係の規定を参考にすることにより安全を確保できるものと考えられる。また，従来の基準を参考にして自主基準案に対して追加が

望まれる項目（排気・換気の滞留しない設置，過電流遮断器（ヒューズ等）の設置）も抽出された。

(2) 爆発

爆発に関しては可燃性ガス・液体燃料漏洩，着火時の爆燃，内圧上昇，内部での水素・空気混合気形成に起因するといった内容のハザードが抽出された。

これらのうち，可燃性ガス・液体燃料漏洩に関しては，(1) 火災で上げられたものと同様の扱いとなる（内容については(1) 火災参照)。

着火時の爆燃に関しては，考え得る対策として，バーナ点火前の燃焼室内空気パージや火炎監視装置の設置等により安全は確保されると考えられる。それらは自主基準案にまとめられている内容で基本的には十分安全を確保できるものと考えられる。

内圧上昇に関しては，可燃性ガスが流通する配管・容器等で構成される系統内を封じ切る機構（例えば，不活性ガスパージに代わる安全確保手段の一つとして開発されている運転終了時に可燃性ガスを封入する機構）のないシステムに関しては，自主基準案にまとめられている内容で十分安全が確保されるものと考えられる。ただ，系統内を封じ切る機構のあるシステムについても，従来基準通りに過圧防止装置を設置する以外に安全を確保できる方策がある（例えば，本質的に内圧上昇の有り得ないシステム設計，圧力異常の検知等）との見解もあり継続検討対象となった。

燃料処理装置のＣＯ除去部，及びセルスタックでの水素・空気混合気形成に関しては，「平成 12 年度電気施設技術基準機能性化適合調査（電気設備)」((社)日本電気協会：技術基準適合評価委員会）で既に検討されているが，家庭用燃料電池に関しては実機データに基づく確認が望ましい。

(3) 感電

感電に関しては，基本的には漏電，充電部分への接触に起因するといった内容のハザードが抽出された。本ハザードに対しては，自主基準案にまとめられている，従来基準に基づく漏電・感電を防止する方策により十分に安全は確保されるものと考えられる。

(4) 一酸化炭素中毒

一酸化炭素（以下 CO）中毒に関しては，CO 除去前の改質ガスあるいは燃料の不完全燃焼排気ガスのパッケージ外への漏洩に起因するといった内容のハザードが抽出された。考え得る対策としては，漏洩によりパッケージ外に排気された CO 含有ガスが滞留しないような設置場所を選定すること，並びにガス漏洩に起因する運転状態の異常検知（スタック電圧低下，改質器温度低下あるいは燃料系流量低下など)，及び可燃性ガス検知器によるガス漏洩検知による非常停止装置の設置などが考えられた。

これについては，自主基準案に記載のある非常停止装置を有することにより，CO 含有ガスの漏洩を抑えるとともに，「ガス機器の設置基準及び実務指針」にまとめられている基準を満足する設置場所を選定することにより十分な換気が可能となり，通

常のガス燃焼機器と同等の安全が確保できるものと考えられる。ただし，適切な表示及び使用者への十分な注意喚起が必要と考えられる。

(5) 酸欠

酸欠に関しては，屋内等に設置した場合の換気不良に起因するといった内容のハザードが抽出された。考え得る対策としては，パッケージ外に排出される排気及び換気等が滞留しないような設置場所を選定すること，また適切な換気設備を設置すること，並びに取り扱い上の注意を表示することなどが考えられた。

これらに関する類似の規定としては，「ガス機器の設置基準及び実務指針」にガス器具に関するものがあるが，屋内設置の燃料電池パッケージについては排気筒の設置の必要性など，詳細な検討が今後必要と考えられる。

(6) 転倒

転倒に関しては，地震・その他の物理的衝撃に起因するといった内容のハザードが抽出された。考え得る対策としては，パッケージ本体を堅固に固定することが考えられた。これについては自主基準案にまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(7) 漏水

漏水に関しては，内部配管からの漏れ等のハザードが抽出された。漏水そのものによる直接的な危険はないが器物の損傷，二次災害誘発による人体へ危険が及ぶ可能性が考えられる。考えうる対策としては，漏水しない構造とすること及び漏電を防ぐ構造とすることが選定された。

本内容は，自主基準案にまとめられている内容で十分安全を確保できると考えられると共に，通常のガス風呂給湯器等でも同様なことが考えられるため，類似機器の現行の対応方法と同様の対応を行うことで十分安全を確保できるものと考えられる。

(8) 火傷

火傷に関しては，燃焼排ガスの高温排気，機器の異常高温等のハザードが抽出された。考えうる対策としては，取り扱い上の注意，表示が選定された。

本内容は，通常のガス風呂給湯器等でも同様なことが考えられるため，類似機器の現行の対応方法と同様の対応を行うことで十分安全を確保できるものと考えられる。

(9) 給湯水質の悪化

給湯水質の悪化に関しては，排熱回収温水への接水部材料からの溶出，浸出による給湯水質悪化のハザードが抽出された。考えうる対策としては，溶出量を規定範囲内以下とすること，及び熱交換器等からのリークによる汚染の防止が選定された。

本内容は，自主基準案にまとめられている内容で十分安全を確保できると考えられると共に，排熱回収温水は給湯等の用途に使用されることから水道法に基づく水道用器具の対象となり，関連する法規により十分安全を確保できると考えられる。

(10) 土壌（地下水）汚染

土壌（地下水）汚染に関しては，液体燃料仕様の場合の漏洩による汚染のハザードが抽出された。考えうる対策としては，機器･配管から漏洩しないこと，及び流出を防止することが選定された。

本内容は，自主基準案にまとめられている内容で十分安全を確保できると考えられると共に，液体燃料系ストーブや液体燃料仕様風呂給湯器等でも同様なことが考えられるため，類似機器の現行の対応方法と同様の対応を行うことで十分安全を確保できるものと考えられる。

5.1.2 物件の損傷の防止

前項 **5.1.1** 人体に対する危険の防止にて抽出した項目の中から物件に損傷を及ぼす可能性のある項目として，火災，爆発，転倒，漏水の 4 項目と新たに他ガス機器への悪影響をあわせた 5 項目に亘る事象･項目を抽出した。抽出にあたっては，PEFC の構造面の不適合により引き起こされ得るハザードで，直接的に物件に対して危険を及ぼす可能性のあるものの他，間接的にその可能性のあるハザード（漏水，他ガス機器への悪影響）も挙げ，それらも含めた各項目毎に，安全要件の整理を行った。

なお，火災，爆発，転倒，漏水については，前項 **5.1.1** の(1)，(2)，(6)，(7) 検討結果が述べられているのでここでは省略する。

(1) 他ガス機器への悪影響

他ガス機器への悪影響に関しては,都市ガス又は LPG を燃料とする場合に限定されるが，原燃料ガスを昇圧器により間歇的に吸引することや昇圧器停止時の二次側圧力が一次側へ伝播することに起因する供給側圧力の変動が起こり，燃料電池と同時に使用している他のガス機器が立ち消えする等のハザードが抽出された。

基本的には，昇圧器の影響が及ばない（二次側圧力が一次側へ伝播することがない）ような機器の選定や配管構成（バッファの確保，逆止機能等）が必要であると考えられるが，昇圧器のタイプや能力によっては，間歇的な吸引あるいは二次側圧力の一次側への伝播による影響は非常に小さい可能性もあることから，継続検討の対象とした。

5.1.3 電気設備その他の物件の機能障害防止

電気設備その他物件の機能障害に対応するハザードとして，家電機器等の機能障害を抽出した。配電系統への障害については，別途独立 **5.1.4 項**として記載する。したがって本項では，燃料電池セルスタックから発生した直流の電路，直流・交流変換装置，交流の電路ならびに PEFC コージェネレーションシステムに組み込まれた補機類を対象に，家庭用電気機器が直接又は間接的に及ぼされる機能障害について個別要因を洗い出し，内容分析及び対策検討を実施した。勿論，これらが PEFC コージェネレーションシステムの構成機器自体に及ぼす影響も含有するよう考慮した。

燃料電池コージェネレーションシステムが家電機器等に与える機能障害について，基本的には，一般配電系統へ不安定性要因を持ち込むことならびにシステム側から出る電磁波によるノイズにて家庭用電気機器に悪影響を及ぼすことが考えられる。これらを要因分析した結果，直流電圧異常とそれに起因する交流電圧異常，交流電圧異常，電磁ノイズならびに高調波，以上４項目が抽出された。以下にその内容及び対策をまとめる。

(1) 直流電圧異常

直流電圧異常に関わる原因は，燃料電池セルスタック自身の発生する電圧が異常である場合が挙げられる。パワーコンディショナの制御範囲を逸脱した電圧値が生じた場合，もっと極端にはマイナスの電位が生じた場合等は，交流側に悪影響を及ぼすことが考えられる。これに対する対策としては，許容範囲を外れた直流電圧にならないことが求められる。自主基準案には，燃料電池セルスタックの発生電圧に異常が生じた場合は非常停止させることになっており，これを遵守することで安全は確保できるものと考える。

(2) 交流電圧異常

交流電圧異常は，燃料電池セルスタックから発生した直流部に異常がないにも関わらず，交流電圧に異常をきたすケースとして考えられる。この原因には，パワーコンディショナ出力電圧の異常が挙げられる。主な対策としては，保護装置（OVR，UVR）の設置ならびに電圧異常時に系統から解列できる遮断機の設置が考えられ，「系統連系技術要件ガイドライン」等に記載されている。これらを遵守することにより安全は確保できるものと考える。

(3) 電磁ノイズ（高周波）

高周波による電磁ノイズについては，PEFC コージェネレーションシステムのパワーコンディショナ・電源装置からの放射電磁波，パワーコンディショナ・電源装置からの伝導電磁波ならびに補機からの放射電磁波が原因として考えられる。具体的な対策としては，許容値以上の放射電磁波の発生防止及び許容値以上の伝導電磁波の発生防止が考えられる。これらについては，「電気設備に関する技術基準を定める省令」，「JET 認証試験項目」ならびに「JIS C 8980（小出力太陽光発電用パワーコンディショナ）」等に基準があり，これらを遵守することにより安全は確保できるものと考える。但し，家庭等への設置を考えた場合には基準値の妥当性については検討の余地があると考えられる。

(4) 高調波

高調波は，パワーコンディショナからの高調波電流の流出によって発生する可能性が考えられる。したがって，許容値以上の高調波の発生を防止することが必要である。対策としては，「分散型電源系統連系技術指針（JEAG 9701-2001）」記載の規定値を遵守することで，安全は確保できるものと考える。但し，家庭等への設置を考えた場合には基準値の妥当性については検討の余地があると考えられる。

5.1.4 電気供給の著しい支障の防止

電気供給に対するハザードとしては，配電系統への障害を事象･項目として抽出した。非常用を除けば，家庭用，業務用等の定置式燃料電池は商用電力系統と連系して使用することが考えられており，標記ハザードとしては系統連系盤などを通して燃料電池が配電系統へ障害を与えることが考えられる。

配電系統への障害の具体的内容としては，系統連系点での電圧異常，系統の相間アンバランス，系統への直流分流出に起因する変圧器の偏磁現象等発生，停電時の系統充電の４項目を抽出した。

(1) 系統連系点での電圧異常（電圧高・低）

電圧異常についてはパワーコンディショナの出力電圧の異常が原因として考えられるが，考えうる対策として，保護装置（OVR，UVR）の設置や電圧異常時に系統から解列することがある。これらは系統連系技術要件ガイドラインに準拠することで安全は確保できると考えられる。

(2) 系統の相間アンバランス

電気方式の不一致による連系が原因と考えられるが，上記と同様に系統連系技術要件ガイドラインに準拠することで安全は確保できると考えられる。考えうる対策は電気方式を一致させる，負荷の不平衡を防止する遮断器を設置する，などである。

(3) 系統への直流分流出に起因する変圧器の偏磁現象等発生

パワーコンディショナでの直流成分の混入が原因と考えられるが，上記と同様に系統連系技術要件ガイドラインに準拠することで安全は確保できると考えられる。考えうる対策は変圧器の設置，あるいは直流検出器を備え，検出時に停止すること，などである。

(4) 停電時の系統充電

燃料電池の単独運転が原因として考えられるが，上記と同様に系統連系技術要件ガイドラインに準拠することで安全は確保できると考えられる。考えうる対策は単独運転防止機能を有する装置の設置などである。

以上は電気供給の著しい支障の防止という観点でハザードとして抽出し，対策等を簡単にまとめたが，いずれも燃料電池本体よりも，パワーコンディショナ，系統連系盤等に関わる課題であり，詳細は第２章にて述べる。

5.2 機能面における安全要件の抽出

5.2.1 機器異常の検知機能・異常検知時の安全停止機能を有すること

機器異常のハザードとして可燃性ガス・液体燃料漏洩，漏電，火災，異常高温，各種過電流，系統電圧異常，系統周波数異常，単独運転検出，制御機器異常，各種安全装置異常の１０項目に亘る事象・項目を抽出した。ハザードは１０項目であるがパワーコンディショナ関係の４項目を纏めることで，下記の通り７項目にまとめた。これらを抽出した理由は，ハザードが検知される機能を有するセンサ等が設置され，作動した時には安全に停止出来るような機能を有することにより，安全を確保するためである。

各項目毎に，安全要件の整理を行った。

(1) 可燃性ガス・液体燃料漏洩

このハザードに対する考えうる対策として，機器，配管の損傷や接続部分の緩みにより，発生する漏洩可燃性ガスを可燃性ガス検知器によって検知するか，可燃性ガスの漏洩量の増加により系内物質収支のずれ，ヒートバランスの崩れ等が発生し，これを検知して非常停止することで安全は確保されるものと考えられ，それらは自主基準案にまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。但し，熱物質収支のずれ・ヒートバランスの崩れ等で，可燃性ガスの漏洩が検知可能かどうかについては，前述にもある様に継続検討の対象とした。

(2) 漏電

このハザードに対する考えうる対策として，絶縁不良に関しては漏電遮断器，過電流遮断器によって，落雷に関してはアレスタ等によってそれぞれ検知し，システムを非常停止させることにより，安全は確保されるものと考えられ，それらは自主基準案，電気設備技術基準，内線規程にまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(3) 火災

このハザードに対する考えうる対策として，改質器，燃料電池セルスタック等の内部機器の異常高温による着火，漏洩可燃性ガスへの着火，漏電による着火等を温度ヒューズ，パッケージ内異常高温検出センサ，煙感知器等で検知し非常停止することにより，安全は確保されるものと考えられ，自主基準案にまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(4) 異常高温

このハザードに対する考えうる対策として，プロセス制御異常により，改質器，燃料電池本体の異常高温や制御装置の異常を検知したり，冷却，換気，排気不良によって反応器等に発生する異常高温を検知し，システムを非常停止させることにより，安全は確保されるものと考えられ，それらは自主基準案，電気設備技術基準にまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(5) 各種過電流，系統電圧異常，系統周波数異常，単独運転検出

このハザードに対する考えうる対策として，パワーコンディショナの異常により系統連系技術要件ガイドライン及びJIS C 8980に基づいて設置された検知機能によりこれらの異常を検知してシステムあるいはパワーコンディショナを非常停止することにより，安全は確保されるものと考えられ，それらは自主基準案，電気設備技術基準，系統連系技術要件ガイドラインにまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(6) 制御装置異常

このハザードとして制御機能喪失による暴走運転が抽出された。考えうる対策として制御電源の喪失，制御電源装置機能喪失や制御用機器の動作不良時における安全側への自動停止の機能をもたせることにより，安全は確保されるものと考えられ，それらは自主基準案にまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(7) 各種安全装置の異常

各種（前項目(1)〜(6)）安全装置の異常により可燃性ガス等，漏電，火災，異常高温，パワーコンディショナの異常を適切に検知できないといった内容のハザードが抽出された。考えうる対策として，可燃性ガス検知器の故障に関しては，検知部が断線すると断線した個所の違いにより信号がプラスに振れたりマイナスに振れたりするためこれを制御装置が検知して安全に停止する機能を有している。更に，検知部の感度は時間の経過とともに過敏になる方向に変化するため，ガス漏れ検知機能が敏感となり安全性を損なう方向になることはない。更にヒートマスバランス監視による可燃性ガス漏洩検知も可能である。パッケージ内異常高温や各種反応器等の異常高温を検知する温度センサに関しては，断線等の故障によりバーンアウトするため，これを検知して安全に停止することができる。このように可燃性ガス検知器及び火災や異常高温を検知する温度センサは，フェールセーフの考えに従った機能を有しているものを使用することで安全は確保できると考えられる。また，パワーコンディショナ内の各種安全装置及び漏電遮断器に関しては，適正な選定，設置等で安全は確保されるものと考えられ，それらは自主基準案にまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

5.2.2 安全に運転又は操作できること

安全に運転又は操作ができることに関するハザードとして，誤操作，メンテナンス実施時のミス，操作パネル（リモコンパネル）の故障の３項目に亘る事象・項目を抽出した。これら３項目を抽出した理由は，以下である。運転又は操作に影響を与える事象として，運転操作とメンテナンスの２つが考えられ，前者については，ソフト的な操作ミスとハード的な操作機器の故障が考えられ，後者については，メンテナンス実施時の作業ミスが考えられる。

３項目の各項目毎に，安全要件の整理を行った。

(1) 誤操作

考えうる対策として，ミスを起こさないように取り扱い説明書を十分に整備することが上げられるため，実際に想定される操作ミスについて検討を行った。燃料電池に関する操作としては，燃料電池の本体部に関する操作と，貯湯したお湯の利用に関する操作がある。燃料電池の本体部の操作に関しては，運転スイッチのオンオフのみで，それ以上の操作は基本的には発生しない。運転スイッチをオンした場合，自動的に運転を開始する。その時の電力負荷に応じて，発電量を自動調整する場合もある。電力負荷が発電量よりも大きい場合は，足りない電力を自動的に商用電力から取り入れる。逆に，電力負荷が発電量よりも小さい場合は，余剰電力を，系統に逆潮流したり，内部に蓄電したり，内部で消費させたり，構成によって対応方法は異なるが，すべて自動的に対応する。また，電力負荷が小さくなり停止した方が望ましい場合には，自動的に停止する装置もある。したがって，電力負荷が変動しても，すべて自動で制御することから，操作する人が発電量に関して対応することはほとんど発生しない。ごくまれに，長期旅行により電力負荷が長期にわたって低いことが予想されるときに，運転スイッチをオフにする程度である。貯湯熱量に関しては，発電量にほぼ比例した熱が得られ，これも自動的に貯湯槽に溜められる。貯湯したお湯は，給湯や暖房に利用され，このとき温度設定や流量調整が必要となる。これは，従来から利用されているガス給湯器，電気温水器，床暖房の操作と同様の操作方法をとることから，燃料電池特有の操作は生じない。

前述の燃料電池設備の操作に関して，誤って非常停止操作を行なった場合でも，装置は安全に自動的に停止する。また，運転スイッチのオンオフを繰り返した場合についても，停止工程の確保のために一定時間内の再起動を防止するタイマを取り入れていることから安全に停止する。

以上のように，誤操作に関しては，誤操作自体が本質的に発生しないことから安全は確保されるものと考えられ，それらは自主基準案などにまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(2) メンテナンス実施時のミス

メンテナンス実施時のミスに関しては，メンテナンス実施方法の誤り・不完全によるものと，メンテナンス実施時の事故といった内容のハザードが抽出された。考えうる対策として，ミスや事故を起こさないようにメンテナンス用のマニュアルを十分に整備することが挙げられるため，実際に想定される誤りや事故について検討した。

標準的な交換部品としては，脱硫器，水処理器，フィルタが挙げられる。脱硫器に関するミスとしては，交換忘れと設置ミスによる原燃料ガスの漏洩が考えられる。交換を忘れた場合には，脱硫剤が寿命に達すると，硫黄成分により改質性能が低下し，水素生成量が減少し，スタックの発電電圧不足で停止する。硫黄成分はスタックの発電電圧にも直接影響を与えるので，この影響からも，発電電圧は低下する。いずれに

しても，脱硫器の交換を忘れた場合には発電はできなくなるが，安全に停止する。次に，脱硫器を交換したが，設置方法にミスがあった場合には，原料ガスの漏洩を生じることになる。このときは，ガス漏洩センサが作動し停止するか，スタックの発電電圧不足で停止することになり，この場合も安全に停止する。同様に，フィルタや水処理器に関しても，交換忘れや設置ミスが生じた場合には，スタックの発電電圧の低下により，安全に停止する。

メンテナンス実施時の事故に関しては，外装をはずして部品交換等を行う必要はあるが，外装をはずして運転を行うことはないと思えることから，感電，火傷，ＣＯ中毒は起こりにくい。ただし，運転停止直後のメンテナンスの場合には，スタック内部の残存ガスによりスタックに電圧が残っており，これによる感電の可能性が抽出された。しかしながら，残留水素の消耗に従って電圧は低下することから，長時間に亘り高電圧を保つことはなく，メンテナンス用マニュアルに注意をうながすことにより，安全は確保されるものと考えられる。

(3) 操作パネル（リモコンパネル）の故障

操作パネル（リモコンパネル）の故障に関しては，通信ケーブルの断線や操作パネルの部品故障といったハザードが抽出された。

リモコンと本体との通信ケーブルが断線した場合には，運転スイッチがオフと同じ状態となるため，運転を自動的に停止する。また，操作パネルの部品故障が生じた場合，たとえば運転スイッチが固着した場合には，運転状態を継続するが，本体の制御は，本体に設置された制御回路により制御されるため，安全に運転を継続する。

以上のように，操作パネルの故障等に関しては，安全は確保されるものと考えられる。

5.2.3 運転停止時の安全が確保されること

運転停止時の安全確保という観点から考えられるハザードとして，可燃性ガスや可燃性液体の閉止弁からの漏洩及び窒素パージレスで運転停止を行う際の火災，爆発，ＣＯ中毒などの危険性の２項目を抽出した。

現状，燃料電池の停止の際には，系内に可燃性ガスが滞留しないよう窒素パージを実施することが電気事業法により義務付けられている。しかし，パージのための窒素ボンベを家庭に設置することは，設置スペースの制約を大きくし，ボンベ交換の手間がかかるため家庭用燃料電池の普及を阻害する要因となる可能性がある。そこで現在，窒素パージを実施しなくても安全が確保される方法が開発されつつあり，規制緩和の一環としても，窒素パージレス化が検討されている。窒素パージを不要とした場合には，運転停止時においても可燃性ガスや液体燃料が系内に滞留する可能性もある。これに起因するハザードとして後者の項目を抽出した。各項目毎に，安全要件の整理を行った。

(1) 可燃性ガスや液体燃料の閉止弁からの漏洩

運転停止時の可燃性ガスや液体燃料の漏洩として，閉止弁のシートリークに起因するものが抽出された。考えられる対策として，閉止弁を直列に２連の電磁弁とすることがあるが，それらはJIS S 2092（家庭用ガス燃焼機器の構造通則）にまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(2) 窒素パージレス時の危険性

窒素パージレス時の危険性として，系内残存ガスによる火災，爆発，ＣＯ中毒などの災害が抽出された。この要因としては，窒素以外で可燃性ガスをパージする場合のパージ動作不良と可燃性ガスを封入する場合の閉止弁からのリークが考えられる。しかし，いずれの場合もシステムの停止に伴い燃料処理装置内の温度が低下し，徐々に系内圧力が減少する方向に向かうため，仮に閉止弁のシート漏れや配管にピンホールがあっても系内のガスが外部に漏洩することはなく，系内ガスのリークによるＣＯ中毒などの恐れはない。逆に外気が系内に流入することになるが，温度低下によるもののため，急激な流入はなく爆燃気を形成する酸素濃度にまでは至らない。従って，火災，爆発の危険性も少ないものと思われる。

但し，窒素パージレス時の安全性については，関連する現状の規格・規定類はないため，実機データ等による安全性の確認が必要である。現在，窒素パージの不要化については，既に定置用ミレニアム事業において，安全性に関するデータ収集とその解析を実施されており，この検討結果を踏まえて規格・規程類の整備を行うことで十分と思われる。

5.2.4 災害その他非常の場合に安全を確保できること

(1) 地震

a. 災害その他非常の場合におけるハザードとして地震に関しては，転倒，配管・容器などの損傷を抽出した。抽出した理由は地震の際の揺れにより機器本体や貯湯タンクが転倒又は移動することにより人に被害をもたらすとか燃料配管や水配管が損傷し被害の発生する可能性を検討した。

考えられる対策としては，転倒そのものを防止するために施工時に適切にアンカー固定することで転倒は防止できる。また，原料が都市ガス，LPGでマイコンメータが設置されている場合はマイコンメータに感震器が内蔵されており震度５以上の揺れを感知してガスの供給を遮断する。液体燃料を使用する機器の場合には，現行の燃焼機器については，対震センサが機器内に設置されており揺れを検知して燃料を遮断する。同様の方法により燃料電池についても対応可能である。以上の対応により地震時における安全は確保できると考えられる。

b. 配管・容器などの損傷のある恐れとして地震等の揺れにより，燃料を供給する配管等が損傷する恐れがある。阪神・淡路大震災の際に業務用厨房機器の硬質配管が継手

部分から損傷した被害が報告されたが，金属可とう管接続された機器については，機器が地震の揺れで移動し金属可とう管が伸びきったもののガス漏れはなかったことが報告されていた。また，LPG 容器等については，転倒防止の固定を行うことが法により規定されている。これらの対応により安全は確保できる。関連する規程類に「ガス機器の設置基準及び実務指針」，JIS S 3024（石油小形給湯機）及び自主基準案がある。これらにまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(2) 延焼

外部からの延焼については，機器周囲が高温となった場合にパッケージ内に設置された温度センサー等により火災を検知し，安全に停止する。関連する現状の規格としては，非常停止装置について自主基準案に定めがあり，この内容で十分安全を確保できると考えられる。

(3) 浸水

大雨，洪水等により機器が浸水し漏電するというハザードが抽出された。

一般的には，浸水されない場所に機器は設置されると考えられるが，万一浸水した場合に考えられる対策としては，漏電遮断器の設置により漏電発生と同時に系統電力を遮断することにより，非常停止することで安全は確保できると考えられる。現状で関連する規格としては，自主基準案では漏電遮断器に付いて規定がある，また，JIS S 2092（家庭用ガス燃焼機器の構造通則）では屋外式機器の構造，材料及び寸法について規定されている。これらの基準等にまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(4) 積雪

a. 機器の開口部から雪が入り込みこれが内部の温度のために融けて水滴となり電気系統の漏電となることがハザードとして抽出された。考えうる対策として，浸水の際の対策と同様に機器に漏電遮断器を設置することで安全を確保できるものと考えられる。なお，漏電遮断器の試験については，自主基準案に規定する内容で十分安全を確保できる内容であると考えられる。また，JIS S 2092（家庭用ガス燃焼機器の構造通則）には，屋外式機器の構造，材料及び寸法に付いての定めがある。これらの基準等にまとめられている内容で十分安全を確保できると考えられる。

b. 吸排気口閉塞に起因する内容について，ハザードが抽出された。これは，故意とか積雪量が多い場合に吸排気口の部分が閉塞状態となり，機器の排気ガス等の排出が満足に行われなくなった状態では，燃焼反応が十分に行われず不完全燃焼となることが考えられる。また，不完全燃焼のために十分な熱を確保することができないため改質器の温度低異常で機器が運転を停止する。考えられる対策としては，改質器の温度異常を検知しての非常停止や燃焼器への立ち消え安全装置の設置が考えられる。自主基準案には非常停止装置について，また，JIS S 2109（家庭用ガス温

水器）には構造及び材料一般について定めがあり，これらの基準等にまとめられている内容で十分安全を確保できると考えられる。

(5) 強風

風の吹込みにより給気過剰又は排気閉塞状態となり，燃焼に影響を及ぼすことがハザードとして抽出された。この場合には，空気と燃料のバランスが保たれなくなり不完全燃焼，炎のあふれ，逆火及び立消えとなることが考えられる。考えうる対策として火炎検知器又は立消え安全装置の設置により燃料の供給を遮断することにより停止することができる。これにより安全は確保されるものと考えられる。また，自主基準案に非常停止装置について定められており，JIS S 2109（家庭用ガス温水器）には構造及び材料一般について規定されている。これらの基準などにまとめられている内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(6) 落雷

落雷の場合の影響についてハザードが抽出された。落雷には直撃雷と誘導雷が考えられる。誘導雷の場合については接地することにより対策ができると考えられる。また，過電流により発火した場合には，温度異常等の安全装置により，また過電流に対しては，過電流遮断器を設置することにより安全は確保されるものと考えられる。

(7) 衝撃

機器に物がぶつかる等の衝撃によるハザードについて抽出された。事故による衝撃で可燃性ガス又は液体燃料が漏洩しこれに何らかの形で引火することにより，火災に至ることが考えられる。考えうる対応としては，衝撃を受けても容易に移動しないようにアンカーで固定する方法が考えられる。万が一漏洩した場合，漏洩により燃料不足となり発電量不足による停止又は，衝撃の影響により制御喪失となり緊急停止となる。アンカー等による固定ができない場合は感震器等の設置により衝撃力を検知し緊急停止することも可能である。関連する規定類としては，自主基準案に設置場所及び非常停止装置について規定がある。また，JIS S 3024（石油小形給湯機）に安全装置の構造についての規定がある。これら自主基準案などにまとめられている内容で十分安全を確保できる**ものと考えられる。**

(8) 燃料供給異常

事故等により燃料の供給が急に停止した場合のハザードが抽出された。燃料の供給が停止した場合には，発電量不足により停止となり安全は確保されるものと考えられる。関連する規格としては，自主基準案に非常停止装置についての定めがあり，これにまとめられている内容で安全は確保されているものと考えられる。

(9) 水供給異常

事故等により水の供給が突然停止した場合のハザードが抽出された。水道事故等により突然水の供給が停止することが考えられる。この場合給湯はできないが機器の運転は通常どおり継続される。また，改質器への水の供給が停止した場合，水素の発生

量が減少するため，発電量不足となり運転停止となり安全は確保されるものと考えられる。関連する基準としては，自主基準案に非常停止装置について規定されており，これにまとめられた内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(10) 電力系統の異常

事故等により電力系統が突然停止した場合のハザードが抽出された。電気事故等により系統が突然停電となった場合には，単独運転となる可能性がある。考えうる対策として，単独運転防止装置により運転停止又は電力出力を停止する。保護装置により安全は確保されるものと考えられる。関連する基準としては，系統連系技術要件ガイドラインに保護装置の設置について定めがある。また，JIS S 2093（家庭用ガス燃焼機器の試験方法）に電気関係試験について定めがある。これらの基準等にまとめられた内容で十分安全を確保できるものと考えられる。

(11) 火山灰等

火山灰や酸性雨等による詰まりや腐食等の発生についてのハザードが抽出された。火山周辺市町村等では，火山灰が降り積もることにより機器の吸排気口が塞がることについては，(4)の積雪等による詰まりと同じ現象と考えられる，したがって対策等についても同様の方法により安全は確保できると考えられる。また，温泉地域等では硫黄酸化物等による影響が考えられる。これらの影響については，機器の性能は低下すると考えられるが，安全上の問題は発生しないと考えられる。

5.2.5 経時劣化による安全性低下の防止

製品性能に経時劣化が生じた場合の安全性に係わる危険因子(ハザード)として，(1) セルスタックのガス漏洩，(2) 燃料改質装置の燃料・ガス漏洩，(3) 各種安全装置・制御装置の故障，(4) 補機部品の性能劣化，(5) 電圧(出力)の異常，(6) 消耗部品，(7) 材料腐食の７項目を性能劣化の事象として抽出した。

抽出した 7 項目の事象は，運転時間の経過にしたがって性能劣化の可能性がある。これらの性能劣化が発生した時の危険性の内容，その発生原因及び考えうる対策等について検討を行った。

(1) セルスタックのガス漏洩

セルスタックからのガス漏洩としては，ａ）セルスタック内部で発生する固体高分子膜を通過したクロスオーバーによる燃料極改質ガスと空気極空気の混合及びｂ）セルスタック外部への改質ガスの漏洩の２つが考えられる。ａ）セルスタック内部におけるガス漏洩の原因としては，燃料極／固体高分子膜／空気極複合体（ＰＥＭ・ＭＥＡ）の経時劣化及び内部マニホールドシール材の経時劣化等が考えられる。ｂ）セルスタック外部へのガス漏洩の原因としては，セルスタックに使用されているガスケット材料の経時劣化等が考えられる。

考えうる対策としては，使用条件に応じた経時劣化の少ない材料を選定し使用する

ことが必要である。さらに，ガス漏洩が発生しても，ａ）セルスタック内部におけるガス漏洩の場合は，起動時の開回路電圧の低下，発電中の電池電圧低下や電池温度の上昇等によりガス漏れを検知し，安全に自動停止する対策が考えられる。また，ｂ）セルスタック外部へのガス漏洩の場合は，燃料利用率が設定値以上に上昇するために電池電流増加・電池電圧低下が発生し電池電圧低又は電池温度の上昇等によりこれを検知する対策，改質器温度低下を検知する対策，パッケージ内部に可燃性ガス検知器が設置される場合は，これを検知して安全に自動停止する対策等が考えられる。これらの材料や非常停止条件に関する内容は，自主基準案などにまとめられており，十分に安全を確保できるものと考えられる。

セルスタック外部へのガス漏れを発電中の電池電圧低下や電池温度の上昇等により検知できるかに関しては，実証を含めて今後の検証が必要と考えられる。さらに，燃料改質装置を含めた全体システムにおいて，セルスタックを含めた可燃性ガス系からのガス漏洩が発生した場合に，発電中の電池電圧低下や電池温度の上昇等によりこれを検知することが可能かについても検討が必要と考えられる。これは，燃料改質装置から改質ガスが漏洩した場合，熱物質収支のずれやヒートバランスの崩れ等により各反応器での改質ガス組成が変化し結果的にＣＯ濃度が上昇することにより電池電圧低が発生する場合やセルスタックに供給される水素量が減少するためにセルスタックでの燃料利用率が上昇することにより電池電圧低，電池温度高が発生する，これらによってガス漏洩を検知しようというものである。

(2) 燃料改質装置の燃料・ガス漏洩

燃料改質装置からの燃料，ガス漏洩としては，ａ）燃料改質装置材料・溶接劣化による燃料及び改質ガスの系内・系外への漏洩と，ｂ）配管・機器接合部からの漏洩の2つが考えられる。ａ）の原因としては，材料及び溶接部の経時劣化が考えられ，ｂ）の原因としては，接合部のガスケット材の経時劣化が考えられる。

考えうる対策としては，経時劣化を考慮した強度設計及び材料の選定が考えられる。

これらの対策に関しては，自主基準案にまとめられており，十分に安全を確保できるものと考えられる。

(3) 各種安全装置・制御装置の故障

各種安全装置・制御装置の故障としては，ａ）安全に係わるセンサ系の故障と，ｂ）制御装置本体系の故障とが考えられる。センサ系の故障原因としては，センサ本体の経時劣化や塩害・酸性雨に起因する各種センサの機能低下，ドリフト・故障等が考えられる。また，制御装置系の故障原因としては，制御装置に使用されている回路部品の経時劣化や制御用電源装置・制御電源用バッテリの故障による制御電源の喪失等が考えられる。

考えうる対策としては，ａ）センサ系に関しては，経時劣化によりセンサが故障した場合に安全方向に作動し，安全に停止するフェールセーフ機能を有するセンサを使

用し，更に定期点検・メンテナンス時などにドリフトの調整や部品の交換などが考えられる。ｂ）制御装置系に関しては，制御装置故障時や制御電源喪失時にこれを検知して緊急停止する等のフェールセーフの思想に基づいて構築する必要がある。さらに，定期的に制御電源用のバッテリ等を交換することも有効と考えられる。

これらの対策に関しては，自主基準案にまとめられており，十分に安全を確保できるものと考えられる。

(4) 補機部品の性能劣化

補機部品の性能劣化としては，電池反応空気や燃焼空気を供給する空気ポンプ，改質反応用，電池冷却用及び排熱回収用の水を供給する水ポンプ及び換気ファン等の補機の性能劣化が考えられる。性能劣化の原因としては，それぞれの補機部品の経時劣化が考えられる。

ただ，補機部品の性能低下は結果として，セルスタックへの供給ガス（空気，改質ガス）量の異常，セルスタックの温度管理の異常，改質器の温度管理の異常及びそれによる改質ガス組成異常等につながり，いずれも，結果としてセルスタックの電圧低下，改質器の温度異常等により非常停止に至る。

従って，1-5-2(1)で挙げられた安全停止機能を有することにより十分に安全が確保できるものと考えられる。

また，これら異常に至るのを防ぎ，燃料電池コージェネレーションシステムの機能・性能を維持するという観点からは，使用する各補機において，耐久性を考慮した機器の選定が必要であり，保守・点検等による性能劣化の早期検出や適正な整備等による性能が有効である。

保守・点検に関しては，自主基準案などにまとめられている。

(5) 電圧(出力)の異常

電池電圧の異常としては，セルスタックの電圧（出力）低下が考えられる。セルスタックの電圧低下の原因としては，燃料改質装置の各反応器における触媒能劣化による改質ガス中のＣＯ濃度の増加・水素濃度の低下及びセルスタックの特性劣化等が考えられる。これらの特性劣化は，燃料電池設備の性能低下につながるが，安全性を損なうものではない。また，著しく性能低下した場合には，セルスタック電圧異常，改質器温度異常により安全に停止に至る。

これら異常に至るのを防ぎ，燃料電池コージェネレーションシステムの機能・性能を維持するという観点からは，セルスタックを経時劣化の状況を見ながら交換するか，定期的に交換することも考えられる。

(6) 消耗部品

消耗部品の異常としては，フィルタ，イオン交換樹脂等の性能低下が考えられる。性能低下の原因としては，消耗，磨耗，目詰まり等の経時劣化が考えられる。これら消耗部品の異常は結果として，セルスタックへの供給ガス（空気，改質ガス）量の異

常，セルスタックの温度管理の異常，改質器の温度管理の異常及びそれによる改質ガス組成異常等につながり，いずれも，結果としてセルスタックの電圧低下，改質器の温度異常等により非常停止に至る。

従って，1-5-2(1)で挙げられた安全停止機能を有することにより十分に安全が確保できるものと考えられる。また異常に至るのを防ぎ，燃料電池コージェネレーションシステムの機能・性能を維持するという観点からは，定められた時期にこれらの部品を交換することが考えられる。

消耗部品の点検方法や交換時期に関しては，自主基準案にまとめられている。

(7) 材料腐食

材料における異常としては，腐食やさび等による機能低下及び触媒等の性能低下が考えられる。腐食やさび等の原因としては，熱，塩害・酸性雨等が考えられる。

ただ，材料の劣化は結果として，セルスタックへの供給ガス（空気，改質ガス）量の異常，セルスタックの温度管理の異常，改質器の温度管理の異常及びそれによる改質ガス組成異常等につながり，いずれも，結果としてセルスタックの電圧低下，改質改質器の温度異常等により非常停止に至る。

従って，1-5-2(1)で挙げられた安全停止機能を有することにより十分に安全が確保できるものと考えられる。　また異常に至るのを防ぎ，燃料電池コージェネレーションシステムの機能・性能を維持するという観点からは，塩害や酸性雨等を考慮した材料設計・構造設計及び改質触媒・電極触媒等の開発が考えられる。

耐腐食性材料を使用することに関しては，自主基準案にまとめられている。

安全要件の抽出(1)

		項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 (検討不要には(不要)と記載)
						名 称	章	概 要	
構造面における安全上の基本的要件	1. 人体に対する危険の防止	1)火災	1)①可燃性ガス、液体燃料漏洩→出火→他への延焼(火災)	1)①a) 内部機器(スタック、燃料処理装置等)、配管からの可燃性ガス、液体燃料リークによる爆燃気の生成+着火源の存在+可燃性材料の存在	機器・配管から漏洩しないこと(構造)	自主基準案	2.2.1	2.2.1 燃料配管系 燃料(改質ガス・改質オフガスを含む)の通る部分の構造及び材料は、次による (1)燃料の通路は気密性があり、通常の輸送、設置、使用などに際して気密性が損なわれない構造。 (2)燃料配管は過度の熱、又は腐食を受けるおそれがない箇所に設けるか、又は防護などの措置が施してあること。 (3)燃料配管の結合部は、溶接、ねじ込み、ボルト・ナット、ねじなどによって確実に結合すること。 (4)燃料は、直列に設けられた2個以上の自動弁を通過させること。自動弁は駆動源が喪失した場合閉じるタイプとする(フェイルクローズ)。 (5)バーナ燃焼用空気を燃料と混合する場合、空気が燃料配管に戻ったり、燃料が空気供給部に流入するのを防止するための有効な手段を設けること。 (6)燃焼用燃料の通る部分の材料は、不燃性の耐食材料でなければならない。	(不要) 左記規定(ガス燃焼機器と同等)で問題ないと考えられる。 セルスタック、改質器も燃料の通る部分ということで左記規定に含まれる。
						火災予防条例(例)	第3条 十七	灯油、重油その他の液体燃料を使用する炉の附属設備は次によること。 イ 燃料タンクは、使用中に燃料が漏れ、あふれ、又は飛散しない構造とすること ニ 燃料タンクは、その容量(タンクの内容積の九十パーセントの量をいう。以下同じ。)に応じ、次の表(略)に掲げる厚さの鋼板又はこれと同等以上の強度を有する金属板で気密に造ること。 リ 燃料タンクには、見やすい位置に燃料の量を自動的に覚知することができる装置を設けること。この場合においては、当該装置がガラス管で造られるているときは、金属管等で安全に保護すること。 ヲ 燃料タンクの外面には、さび止めのための措置を講ずること。ただし、アルミニウム合金、ステンレス鋼その他さびにくい材質で造られた燃料タンクにあっては、この限りではない。	左記は「炉」における液体燃料の場合。 液体燃料が漏洩しない構造の規定として左記規定は参考となる。
							第30条 三	<指定数量未満の場合> 危険物を貯蔵し、又は取り扱う場合においては、当該危険物が漏れ、あふれ、又は飛散しないように必要な措置を講ずること。	左記は液体燃料の場合 液体燃料が漏洩しない構造の規定として左記規定は参考となる。
							第31条の2 二	<指定数量の1/5以上指定数量未満の場合> 危険物を取り扱う機械器具その他設備は、危険物の漏れ、あふれ又は飛散を防止することができる構造とすること。ただし、当該設備に危険物の漏れ、あふれ又は飛散による災害を防止するための付帯設備を設けたときは、この限りでない。	左記は液体燃料の場合。 液体燃料が漏洩しない構造の規定として左記規定は参考となる。
							第31条の2 九	<指定数量の1/5以上指定数量未満の場合> 危険物を取り扱う配管は、次によること。 イ 配管は、その設置される条件及び使用される状況に照らして十分な強度を有するものとし、かつ、当該配管に係る最大常用圧力の1.5倍以上の圧力で水圧試験(水以外の不燃性の液体又は不燃性の気体を用いて行う試験を含む。)を行ったとき漏えいその他の異常がないものであること。 ロ 配管は、取り扱う危険物により容易に劣化するおそれのないものであること。 ハ 配管は、火災等による熱によって容易に変形するおそれのないものであること。ただし、当該配管が地下その他の火災等による熱に悪影響を受けるおそれのない場所に設置される場合にあっては、この限りでない。 ニ 配管には、配管の外面の腐食を防止するための措置を講ずること。ただし、当該配管が設置される条件の下で腐食するおそれのないものである場合にあっては、この限りではない。 ホ 配管を地下に設置する場合には、配管の接合部分(溶接その他の険物の漏えいのおそれがないと認められる方法により接合されたものを除く。)について当該接合部分からの危険物の漏えいを点検することができる措置を講ずること。 ヘ 配管を地下に設置する場合には、その上部の地盤面にかかる重量が当該配管にかからないように保護すること。	左記は液体燃料の場合。 液体燃料が漏洩しない構造の規定として左記規定は参考となる。
					可燃性ガスが滞留しない構造	自主基準案	2.5(b)	2.5(b)パッケージは、内部に可燃性ガスが滞留しない構造とする	(不要)

	項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
					名 称	章	概 要	
				可燃性ガスの漏洩を検知したら停止する機能	自主基準案	6.4.1(c)	6.4.1 非常停止装置 燃料電池システムには，次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (c)室内に設置するものにあっては，燃料が漏えいした場合	左記でパッケージも"室"とみなす。実態としては、"室内に設置するものにあっては"とするより、"パッケージ型にあっては"といった規定の方が適切。 参考までに東京都の火災予防条例の規定と比較すると火災予防条例の方が、より細かい規定となっている。ただ、燃料電池システムの"停止"は一般的に発電の停止と燃料供給の停止を伴うので、自主基準案の規定でも問題ないと考えられる。 <参考規格：東京都の火災予防条例> 第12条 ニ 燃料電池による発電設備にあっては、前号（ロを除く。）に規定するもののほか、次によること。 イ 可燃性ガスが漏れた場合に、自動的に発電を停止する装置及び自動的に燃料の供給を停止する装置を設けること。
				可燃性ガス漏洩を検知する機能を持つ。 i)可燃性ガス検知器の設置 または、 ii)スタック電圧低下、改質器温度低下（改質器温度を制御している場合には原燃料流量や原燃料流量制御弁開度の増加）等で可燃性ガス漏洩に伴うプロセス内の熱物質収支異常を検知	自主基準案	6.4.1(c)	6.4.1 非常停止装置 燃料電池システムには，次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (c)室内に設置するものにあっては，燃料が漏えいした場合 ※燃料の漏洩を検知する方法自体は規定されていない。	i)に関しては問題なし。ただし、ガス種を考慮した適切な位置への設置が必要。 ii)に関して、 特に水素は、ある程度の量までは漏洩しても急速に拡散、可燃範囲に入らない可能性がある。また、可燃範囲に入るほど漏洩すると左記のような項目で検知できる可能性がある。 ただし、漏洩量・濃度と安全性の指針のためにある程度定量的な検討・実証が必要。 また、機種により全く異なる特性であると考えられるので、個別の機種毎の確認が必要。 なお、従来と同様に、漏洩検知の方法については規定する必要はなく、各機種毎に適切な方法を設定し、結果として漏洩検知できればよい。
				パッケージ外に排出された可燃性ガスが滞留しないような設置	ガス機器の設置基準及び実務指針	Ⅱ章6.2、Ⅳ章4-2	Ⅱ章6 屋外式ガス機器 6-1 屋外式ガス機器の設置の要点 指針 屋外式ガス機器の設置に当たっては、次表（略）を参考にして十分検討すること。なお、集合住宅の片廊下に面して設置される場合等にあっては、廊下の開放性に応じた措置を十分検討すること。この場合の方法は設置工事説明書による。 ※なおこの項以降に排気の滞留しない条件の規定が多岐にわたってなされている。基本的にはパッケージから排出される換気についても同じ規定で十分と考えられる。	（不要） パッケージ内部で可燃性ガスが漏洩し、パッケージ外に可燃性ガスを含む換気が排出される場合を想定。本来パッケージ内も滞留しない構造ということで燃焼下限以下の可燃性ガスが排出されることを考慮すると、本規定で十分と考えられる。
			1)①b) 排気口からの可燃性ガス放出（停止パージ等）による爆燃気の生成＋着火源の存在＋可燃性材料の存在	排気口からのガスが滞留しないような設置	ガス機器の設置基準及び実務指針	Ⅱ章6.2、Ⅳ章4-2	Ⅱ章6 屋外式ガス機器 6-1 屋外式ガス機器の設置の要点 指針 屋外式ガス機器の設置に当たっては、次表を参考にして十分検討すること。なお、集合住宅の片廊下に面して設置される場合等にあっては、廊下の開放性に応じた措置を十分検討すること。この場合の方法は設置工事説明書による。 ※なおこの項以降に排気の滞留しない条件の規定が多岐にわたってなされている。	（不要） 左記規定により十分、滞留しない場所への設置という条件は担保される。

	項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
					名　称	章	概　要	
				パージにより排出されるガスが燃焼範囲になり得ない設計。（例：可燃性ガス濃度を予め燃焼範囲以下に希釈して排出する設計）				他の要因（酸欠防止）もあるので、排気が滞留しないという設置要件は必要。
		1）②漏電・過電流→出火→他への延焼（火災）	1）②漏電・過電流による局部的温度上昇＋可燃性材料の存在	漏電を防ぐ構造	自主基準案	2.3.2(3),2.4.4(a)～(f)	2.3.2　放電火花を利用する点火 放電火花を利用して点火を行うものは次によらなければならない (3) 高圧配線の充電部と非充電金属部との間は、電極間隙以上の十分な空間距離が保たれているか、または、点火動作時に漏電することがない有効な電気絶縁措置が施されていること。 2.4.4　機器内の電気配線 機器内の電気配線は次による (a)通常の輸送、設置、使用などにおいて被覆の損傷などが生じないこと (b)配線に使用する導線はできるだけ短く配線し、必要な箇所には、絶縁、防熱保護、固定などの処置が施されていること (c)配線に2Nの力を加えた場合に高温部に接触するおそれのあるものは、接触したとき異常を生じるおそれがないこと (d)配線に2Nの力を加えた時に可動部に接触するおそれがないこと (e)被覆がある電線を固定する場合、貫通孔を通す場合、又は2Nの力を加えたときに他の部分に接触する場合は被覆を損傷しないこと (f)接続器によって接続したものは5Nの力を接続した部分に加えたとき外れないこと	（不要）
				過電流を防ぐ構造	自主基準案	2.4.9,5.5.1(d),5.5.3(a),6.2.1(b)(d)	2.4.9　電気部品及び付属品 電気部品及び付属品の定格電圧、定格電流及び許容電流はこれらに加わる最大電圧、又はこれらに流れる最大電流以上であること 5.5　電気配線工事 5.5.1　共通事項 (d)直流幹線部分は，回路の短絡電流に耐える電流容量の電線を使用する。 5.5.3　電力変換装置から分電盤 (a)電力変換装置から分電盤の間は，電力変換装置の最大定格電流に対し十分余裕のある電流容量で，かつ，使用環境に耐えるケーブルを用いて配線する。 6.2.1　地路・短絡事故等からの保護 (b)蓄電装置を有するシステムにおいては，直流回結を保護するヒューズ，配線用遮断器などを設ける。 (d)燃料電池には，外部機器から電流が流入しないようにする.	（不要）
				温度上昇の防止	自主基準案	2.4.1(b),5.5.1(g)	2.4.1　電子制御装置を使用する機器 電子制御装置を使用する機器は次による (b)通常の使用状態において、制御回路の一部が短絡又は断線したとき、機器の異常加熱、生ガスの放出など安全性に支障がないこと 5.5　電気配線工事 5.5.1　共通事項 (g)機器を外箱に収納する場合は，機器の温度が許容範囲を超えない構造とする。	（不要）
				漏電遮断器の設置	自主基準案	6.2.2	6.2.2　漏電遮断器 電路に地絡が生じた時安全に電路を遮断するため，小型固体高分子形燃料電池システムを接続する低圧幹線，又はそのシステムの専用分岐点に漏電遮断器を設置する。また，この漏電遮断器は，二次側から（小型固体高分子形燃料電池システム側から）の充電によっても機能の低下，機器の損傷などを生じないものを使用する。	（不要）
				過電流遮断器（ヒューズ等）の設置	自主基準案	6.2.3	6.2.3　受電点の遮断器 単相3線式の電気方式で，中性線に最大電流が流れる可能性がある場合は3極に過電流引き外し素子を有する遮断器を受電点に設置する。	自主安全基準の規定に加え、左記電気設備に関する技術基準を定める省令の規定を加えるのが適当と考えられる。

	項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
					名　称	章	概　要	
					電気設備に関する技術基準を定める省令	第14条	電路の必要な箇所には、過電流による過熱焼損から電線及び電気機械器具を保護し、かつ、火災の発生を防止できるよう、過電流遮断器を施設しなければならない。	
				漏電・過電流等による事故を防ぐ機能	自主基準案	6.2.1(a)(c)	6.2.1　地路・短絡事故等からの保護 (a)燃料電池側の電路が地絡した場合，これを検出し事故部分を分離する，連系を解列するなどの保護機能を備えていること。また,系統が地絡した場合において連系を解列するなどの保護機能を備えていること。 ただし，回路構成上燃料電池の電路が接地されており，適切な保護がなされている場合はこの限りではない。 (c)連系運転及び自立運転時の負荷短絡に対しては，安全に停止又は保護する機能を備えていること。	（不要）
		1)③高温排気・換気→可燃物の発火（火災）	1)③内部燃焼機器の燃焼異常、内部機器の異常過熱	排気温度が所定以上上昇しない設計	自主基準案	2.6.2	2.6.2　排気ガス温度 パッケージからの排気ガス温度は、常に260℃以下に維持されていること。	（不要） JGA/ミレニアムPJで既に実施中
				換気温度が所定以上上昇しない設計	自主基準案	6.4.1(a),(f)	6.4.1　非常停止装置 燃料電池システムには，次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (a)燃料・改質系統内の燃料ガスの圧力又は温度が運転規定値を超えた場合 (f)燃料電池の温度が著しく上昇した場合	（不要） JGA/ミレニアムPJで既に実施中
				蒸発器異常高温の防止	火災予防条例（例）	第31条の2 二十一	＜指定数量の1/5以上指定数量未満の場合＞ 危険物を加熱し、又は乾燥する場合は、危険物の温度が局所的に上昇しない方法で行うこと。	左記は液体燃料の場合。 液体燃料を扱う燃料電池の規定として左記規定は参考となる。
				蒸発器加熱状態の監視	火災予防条例（例）	第31条の2 三	＜指定数量の1/5以上指定数量未満の場合＞ 危険物を加熱し、若しくは冷却する設備又は危険物の取扱いに伴って温度の変化が起こる設備には、温度測定装置を設けること。	左記は液体燃料の場合。 液体燃料を扱う燃料電池の規定として左記規定は参考となる。
		1)④高輻射熱→可燃物の発火（火災）	1)④、⑤上記1)③＋換気不良による機器内部の熱滞留	パッケージ表面からの輻射熱の影響の把握と過度の輻射を防ぐ設置	自主基準案	4.1.1,9.5	4.1.1　設置場所 設置場所は以下の内容に準拠する。 (b)施工・保守ならびに局部的な温度上昇防止のため，周囲に必要なスペースを設ける。 9.5　温度上昇試験 運転状態（通常最大出力、および改質器バーナ過負荷時）において、所定距離を離した周囲に設置した木壁の温度と排気温度を測定し、所定温度以下であることを確認する	設置離隔距離は消防と密接に関与する内容。 現在、JGA/ミレニアムPJでの試験では、離隔距離に関する試験を実施中。 本試験結果を基に「ガス機器の設置基準及び実務指針」の改訂において検討される設置離隔距離に関する指針を参考にすべき。
					火災予防条例（例）	第3条 十七	灯油、重油その他の液体燃料を使用する炉の附属設備は次によること。 ハ 燃料タンクとたき口との間には、二メートル以上の水平距離を保つか、又は防火上有効な遮へいを設けること。ただし、油温が著しく上昇するおそれのない燃料タンクにあっては、この限りでない。	左記は「炉」における液体燃料の場合。 ただし、燃料電池が炉の扱いを受けるというわけではない。 液体燃料を扱う燃料電池の規定として左記規定は参考となる。
		1)⑤高輻射熱→可燃性液体の揮発、漏洩→出火→他への延焼（火災）	1)⑤(屋外設置の場合）可燃性液体滞留部分への直射日光の長時間照射	可燃性液体滞留部分の温度が上昇しないような設置（可燃性液体を保有するシステムの場合）	火災予防条例（例）	第31条の2 十二	＜指定数量の1/5以上、指定数量未満の場合＞ 危険物を貯蔵し、又は取り扱う場所では、当該危険物の性質に応じ、遮光又は換気を行うこと。	左記は液体燃料の場合。 液体燃料を扱う燃料電池の規定という意味で左記規定は参考となる。
						第31条の2 十三	＜指定数量の1/5以上、指定数量未満の場合＞ 危険物は、温度計、湿度計、圧力計その他の計器を監視して、当該危険物の性質に応じた適正な温度、湿度又は圧力を保つように貯蔵し、又は取り扱うこと。	左記は液体燃料の場合。 液体燃料を扱う燃料電池の規定という意味で左記規定は参考となる。
	2)爆発	2)①可燃ガス漏洩→爆発→火災、周囲の人・物の損傷	2)① 内部機器（スタック、燃料処理装置等）、配管からの可燃性ガス、液体リークによる爆	1)①参照	1)①参照	1)①参照	1)①参照	1)①参照

	項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 (検討不要には(不要)と記載)
					名 称	章	概 要	
		2)②着火時の爆燃	2)②a) 起動時の燃焼部における可燃ガスの滞留＋着火	バーナ点火前の空気パージによる燃焼室内パージ	自主基準案	2.3.1(1)	2.3.1 点火動作(全般) バーナ点火、燃焼については次によらなければならない。 (1)燃料ガス置換のため、点火を試みる前に各バーナハウジング内部を自動的に当該容量の最低4 倍量の空気パージをすること。	(不要)
				必要以上の着火時間を要する場合の点火中止	自主基準案	2.3.1(2)(4)	2.3.1 点火動作(全般) バーナ点火、燃焼については次によらなければならない。 (2)パイロットバーナなど(注3)に点火されたことが、火炎監視装置により確認できること。 (注3)"パイロットバーナなど"とは、パイロットバーナ又はパイロットバーナがないものはメーンバーナをいう。 (4) 一連の所定点火動作後に火炎監視装置により火炎の存在が検知できない場合は、パイロットバーナなどへの燃料の供給を自動遮断すること。その場合は、点火制御部はロックアウトの位置とな り、手動での解除を必要とすること。	(不要)
			2)②b) 火炎監視装置の不良＋未燃焼ガスの充満＋着火	火炎監視装置の適切な設置	自主基準案	2.3.1(3)	2.3.1 点火動作(全般) バーナ点火、燃焼については次によらなければならない。 (3)火炎監視装置はパイロットバーナなどとの位置関係が通常の使用状態で変化することがないように保持されていること。	(不要)
				火炎監視装置不良時の停止	自主基準案	2.3.1(5)	2.3.1 点火動作(全般) バーナ点火、燃焼については次によらなければならない。 (5)火炎監視装置が故障した場合には、燃料の供給を自動遮断すること。	(不要)
		2)③内圧上昇による爆発(破裂)	2)③ 昇圧器の誤作動、閉止機構の誤作動、高温部への水の閉止等	ある程度の内圧上昇には耐える構造	自主基準案	2.1.3(a),2.1.4(a),6.4.1(a)	2.1.3 燃料改質装置 (a)燃料改質装置は、想定される振動及び熱等により生じる応力に十分耐える構造とすること。 2.1.4 燃料電池本体 (a)燃料電池本体は、想定される振動及び熱等により生じる応力に十分耐える構造とすること 6.4.1 非常停止装置 燃料電池システムには，次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (a)燃料・改質系統内の燃料ガスの圧力又は温度が運転規定値を超えた場合	封じ切り機構がある場合に、安全弁、真空破壊弁等もしくは異常圧力検知機能の設置基準化の要否の検討が必要。設置を基準化する場合は、同時に、本質的に保安上問題のあるような異常圧力上昇が起きないような設計の場合は対象から除外することも望ましい。
				安全弁等による過昇圧の防止	発電用火力設備に関する技術基準を定める省令	第32条	燃料電池設備(液化ガス設備を除く。次条及び第35条において同じ。)の耐圧部分には、過圧を防止するために適当な安全弁を設けなければならない。この場合において、当該安全弁は、その作動時に安全弁から吹き出されるガスによる危害が生じないように施設しなければならない。ただし、最高使用圧力が0.1MPa未満のものにあっては、その圧力を逃すために適当な過圧防止装置をもってこれに代えることができる。	
				本質的に異常な高圧にならない設計(昇圧器の昇圧能力設定、高温部の水の保有量設定、高温部への水の閉止回避等)				
		2)④内部での水素・空気混合気形成	2)④a) 燃料処理装置のCO除去器における空気導入部における爆燃気の生成と触媒の存在	本質的に燃焼範囲の生成しない設計(選択酸化空気ブロワ能力設定)				基本的にCO除去器に過度の空気が供給されると、改質ガス中の水素の触媒燃焼量が増加、CO除去器温度が上昇する。平成12年度に(社)日本電気協会 技術基準適合評価委員会にて行われた平成12年度電気施設技

	項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
					名　称	章	概　要	
				選択酸化触媒中に空気を入れると速やかに触媒燃焼し、本質的に爆燃気生成には至らないような設計。（本来酸化触媒である選択酸化触媒はこの機能を有している可能性大）				術基準機能性化適合調査（電気設備）において、CO除去器の温度上昇は、CO逆シフト反応量が増加し、燃料電池スタックへ供給される改質ガス中のCO濃度が増加し、セルスタックでの発電異常（電圧低下）により非常停止に至るので随時巡回式発電所としては安全面で問題ないとの結論を得ている。ただ、家庭用については随時巡回を行わないということもあり、実機データに基づく確認が望ましい。
				スタック電圧低下、CO除去器温度上昇等のCO除去器への空気過剰供給を検知する機能を持つ				
				スタック電圧低下、CO除去器温度上昇等によりCO除去器への空気過剰供給を検知したら停止すること				
			2）④b）スタックのクロスリークによる爆燃気の生成と白金触媒の存在	スタック電圧低下を検知する機能を持つ				平成12年度に（社）日本電気協会 技術基準適合評価委員会にて行われた平成12年度電気施設技術基準機能性化適合調査（電気設備）において、微量のクロスリークや電解質膜の全面破損に関する検討が行われ、従来実績のあるりん酸形燃料電池と同等以上の安全性があり、随時巡回式発電所としては安全面で問題ないとの結論を得ている。ただ、家庭用については随時巡回を行わないということもあり、実機データに基づく確認が望ましい。
				スタック電圧低下を検知したら停止すること	自主基準案	6.4.1(e)	6.4.1　非常停止装置 燃料電池システムには，次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合	
				クロスリークが起きても、爆燃気生成に至らない設計。（ある程度のクロスリーク量までは、電極触媒上にて水素が酸化されるので爆燃気が生成に至らない可能性がある。また、セルスタック内には着火源がないので爆燃することはない。）				
	3）感電	3）漏電→感電、充電部分に接触	3）①漏電＋漏電部分への接触、漏電＋接地不良、充電部分への接触 3）② スタックの冷却水の水質低下による漏電＋漏電部分への接触	1）②の漏電関連の項目参照	1）②の漏電関連の項目参照	1）②の漏電関連の項目参照	1）②の漏電関連の項目参照	1）②の漏電関連の項目参照

	項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 (検討不要には(不要)と記載)
					名 称	章	概 要	
				感電を防ぐ構造	自主基準案	2.3.2(4),2.4.5,5.4.2(a)(b),5.4.3(a),5.5.1(a),6.2.1,6.2.2	2.3.2 放電火花を利用する点火 放電火花を利用して点火を行うものは次によらなければならない (4) 通常の使用の際、手を触れるおそれがある高圧配線の部分には、有効な電気絶縁被覆が施されていること。 2.4.5 充電部 充電部は、試験指が充電部に接触しないこと。ただし、次に示す充電部にあってはこの限りでない。 (a)取り付けた状態で容易に人に触れるおそれがない取付け面の充電部 (b)40kgを越える機器の底面の開口部から40cm以上離れている充電部 (c)定格電圧が150ボルト以下であって、かつ通電したときに赤熱する発熱体 (d)構造上、充電部を露出することがやむを得ない機器の充電部で、絶縁変圧器に接続された2次側の回路の対地電圧並びに線間電圧が交流の場合は30ボルト以下、直流の場合45ボルト以下のもの、及び1kΩの抵抗を対地間及び線間に接続した場合に、その抵抗に流れる電流が商用周波数以上の周波数において感電の危険を生じるおそれがない場合を除き、1mA以下のもの (e)放電電極 5.4.2 感電防止 (a)小型固体高分子形燃料電池システムの電路において，中継端子箱，差込接続器(防水コネクタ)，及びその他接続部は充電部が露出していないこと。 (b)人が触れるおそれがある場所に設置する中継端子箱などの機器にあっては，外箱が施錠できるなど，不要な操作が行なわれにくい構造とすること。 5.4.3 接地 (a)機械器具の接地 燃料電池コージェネレーションシステムの電路に施設する機械器具の鉄台及び金属製外箱は，接地工事を施すこと。 5.5 電気配線工事 5.5.1 共通事事項 (a)電気回結の充電部は露出しないように施設する。 6.2 電力系の保護 6.2.1 地路・短絡事故等からの保護 (a)燃料電池側の電路が地絡した場合，これを検出し事故部分を分離する，連系を解列するなどの保護機能を備えていること。また,系統が地絡した場合において連系を解列するなどの保護機能を備えていること。 ただし，回路構成上燃料電池の電路が接地されており，適切な保護がなされている場合はこの限りではない。 (b)蓄電装置を有するシステムにおいては，直流回結を保護するヒューズ，配線用遮断器などを設ける。 (c)連系運転及び自立運転時の負荷短絡に対しては，安全に停止又は保護する機能を備えていること。 (d)燃料電池には，外部機器から電流が流入しないようにする. 6.2.2 漏電遮断器 電路に地絡が生じた時安全に電路を遮断するため，小型固体高分子形燃料電池システムを接続する低圧幹線，又はそのシステムの専用分岐点に漏電遮断器を設置する。また，この漏電遮断器は，二次側から(小型固体高分子形燃料電池システム側から)の充電によっても機能の低下，機器の損傷などを生じないものを使用する。	(不要)
				充電部に触れることを防ぐ取り扱い説明、表示				

	項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
					名　称	章	概　要	
	4）CO中毒	4）改質ガス漏洩→CO中毒	4）改質ガス（CO未除去）・未改質燃料の不完全燃焼排気のパッケージ外への許容量（要検討）以上の放出（リーク、パージ等）＋人による吸引	パッケージ外に排出された排気・換気等が滞留しないような設置	ガス機器の設置基準及び実務指針	Ⅱ章6.2、Ⅳ章4-2	Ⅱ章6 屋外式ガス機器 6-1　屋外式ガス機器の設置の要点 指針 屋外式ガス機器の設置に当たっては、次表を参考にして十分検討すること。なお、集合住宅の片廊下に面して設置される場合等にあっては、廊下の開放性に応じた措置を十分検討すること。この場合の方法は設置工事説明書による。 ※なおこの項以降に排気の滞留しない条件の規定が多岐にわたってなされている。基本的にはパッケージから排出される換気についても同じ規定で十分と考えられる。	不完全燃焼に関しては、通常のガス燃焼機器と全く同等なので左記規定（ガス燃焼機器と同等）で問題ない。 CO未除去の改質ガスの漏洩に関しては、可燃性ガス漏洩の検知レベル（水素対象、約1%）におけるCO濃度（約1500ppm）相当の換気が検討対象となるが、これは通常ガス燃焼機器と同等の設置基準にて保安を確保できると考えられる。 CO未除去の改質ガスのパージについては、停止時等の排気からの放出が検討対象となる。これに関しては、1回あたりの放出量（改質触媒層・CO変成器触媒層の死容積相当）、放出頻度・時間いずれも小さいので、左記規定で保安を確保できると推定されるが、同時に、適切な表示や、使用者への注意喚起は必要と考えられる。
				スタック電圧低下、改質器温度低下（改質器温度を制御している場合には原燃料流量や原燃料流量制御弁開度の増加）等のプロセス内の燃料不足を検知する機能を持つ（構造）				
				スタック電圧低下、改質器温度低下（改質器温度を制御している場合には原燃料流量や原燃料流量制御弁開度の増加）等でプロセス内の燃料不足を検知したら停止する機能	自主基準案	6.4.1(c)	6.4.1　非常停止装置 燃料電池システムには，次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (c)室内に設置するものにあっては，燃料が漏えいした場合（パッケージを"室"とみなす）	
				可燃性ガス検知が稼動したら停止する機能（必ず同時に漏洩する水素を検知する）	自主基準案	6.4.1(c)	6.4.1　非常停止装置 燃料電池システムには，次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (c)室内に設置するものにあっては，燃料が漏えいした場合（パッケージを"室"とみなす）	
	5）酸欠	5）（屋内・半屋内設置の場合）換気不良→酸欠	5）燃料電池による酸素消費＋換気不良＋人の存在	パッケージ外に排出された排気・換気等が滞留しないような設置	ガス機器の設置基準及び実務指針	Ⅱ章1他	Ⅱ章 1 給排気 1-1 基本事項 基本規定 ガス機器は、給排気が十分に確保できるように設置すること。 1-2 給排気設備の適用 基本規定 ガス機器を屋内に設置する場合の給排気設備の適用は、次による。ただし、密閉式ガス機器を除く。 (1)ガスふろがま及びガス消費量が12kWを超えるその他のガス機器については、ガス機器に排気筒を設け、ガス機器設置室に吸気口を設けること。ただし、用途上又は構造上やむをえない場合は、ガス機器の直上に排気フード付ダクト（建築基準法で規定する排気フードを有する排気筒であって、換気扇等を設けたもの又は有効な立ち上がり部分を有するものをいう。以下同じ。）を設け、ガス機器設置室に吸気口を設けること。 (2)ガス消費量が12kW以下のガス機器（ガスふろがまを除く。）については、次のいずれかの措置を講じ、これらいずれの場合にあってもガス機器設置室に吸気口を設けること。ただし、ガス消費量の合計が6kW以下のガス機器を設けた調理室以外の室で換気上有効な開口部を設けた場合を除く。①ガス機器に排気筒を設けること。②ガス機器の直上に排気フード付ダクトを設けること。③ガス機器設置室に換気扇等又は排気口付排気ダクト（建築基準法で規定する排気口に接続した排気筒であって、換気扇等をもうけたもの又は有効な立ち上がり部分を有するものをいう。以下同じ。）を設けること。なお、ガス消費量が7kWを超える貯湯湯沸器、ストーブにあっては、ガス事業法又は液化石油ガス法で排気筒を設けることになっている。 (3)上記以外の方法として、異常な燃焼が生じないよう室内の酸素濃度を20.5%以上保つ換気設備として、建築基準法に基づく認定を受けたものとすること。 ※この項以外にも関連規定多い。	屋内設置に関してはガス機器と全く同様の規定でよいかどうかの検討が必要。酸欠という観点では同じでよいが、停止時にCOを含むガスがパージされる場合については、排気筒は必須。
				取り扱い上の注意、表示				
	6）転倒	6）転倒→近くの人、物の損傷	6）地震・その他物理的衝撃（人等が当たるなど）	堅固に固定する	自主基準案	4.4.1(a)	4.4.1　設置場所 設置場所は以下の内容に準拠する。 (a)電源パッケージは，容易に移動・転倒・脱落しないよう，十分堅固に設置・固定する。また必要に応じ地震に対する処置を施す。	（不要）

	項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
					名　称	章	概　要	
	7）漏水	7）漏水（直接危険はないが器物の損傷、二次災害誘発の可能性）	7）内部機器・配管からの水もれ	漏水しない構造	自主基準案	2.2.2.3.1(a)(4),(a)(5)	2.2.2　水配管系 パッケージ内部の水配管系の構造は、次による。 (1)　水圧、土圧その他の荷重に対して充分な耐力を有し、かつ、水が汚染され、又は漏れるおそれがない構造であること。 (2)　凍結、破壊、侵食等を防止するための適当な措置が講ぜられている構造であること。 3.1　水配管系 (a)給水装置の構造及び材質は、次のとおりとする。（水道法施行第四条　法第十六条の規定による） (4)　水圧、土圧その他の荷重に対して充分な耐力を有し、かつ、水が汚染され、又は漏れるおそれがないものであること。 (5)　凍結、破壊、侵食等を防止するための適当な措置が講ぜられていること。	（不要） 左記規定で問題ないと考えられる。 ただし、パッケージ内部の配管系に関する規定なので”土圧”は不要。
				1）②の漏電関連の項目参照	2）②の漏電関連の項目参照	3）②の漏電関連の項目参照	4）②の漏電関連の項目参照	5）②の漏電関連の項目参照
	8）火傷	8）高温部分、高温排気への接触→火傷 ②機器の異常過熱→過熱部分への接触→火傷	8）①　高温部分、高温排気への接触 8）②反応異常、バーナ異常	取り扱い上の注意、表示				
	9）給湯水質悪化	9）排熱回収温水への接水部材料からの溶出、浸出→給湯水質悪化	9）熱交換器、配管等、排熱回収温水接水部材料の安定性等	溶出量を規定範囲内以下とする	自主基準案	3.1	3.1　水配管系 (b)前項各号に規定する基準を適用するについての必要な技術的細目は、厚生労働省令で定める。 給水装置の構造及び材質の基準に関する省令（厚生省令第十四号）および給水装置の構造及び材質の基準に関わる試験（厚生省告示第百十一号） 浸出性能に関する基準	（不要）
				熱交換器のリークによる汚染の防止	自主基準案	3.2	3.2　熱回収装置 (b) 飲料用温水を製造する場合、熱交換器は2重隔壁構造で水と発電システム側が隔離され、隔壁間は大気開放されていることとする。なお、発電システム側に毒性のない媒体を用いる場合および熱源媒体の圧力が飲料用温水系統より低い場合はこの限りではない	（不要）
	10）土壌（地下水）汚染	10）液体燃料の漏洩→地中への浸透→（水溶性の燃料ならば）地下水への溶解→地下水汚染	10）配管からの液体燃料リーク	1）①の「機器・配管から漏洩しないこと」参照	1）①の「機器・配管から漏洩しないこと」参照	1）①の「機器・配管から漏洩しないこと」参照	1）①の「機器・配管から漏洩しないこと」参照	1）①の「機器・配管から漏洩しないこと」参照
				流出を防止する。	火災予防条例例	第31条の3 二	＜指定数量の1/5以上、指定数量未満の場合＞ 液状の危険物を取り扱う設備（タンクを除く。）には、その直下の地盤面の周囲に囲いを設け、又は危険物の流出防止にこれと同等以上の効果があると認められる措置を講ずるとともに、当該地盤面は、コンクリートその他危険物が浸透しない材料で覆い、かつ、適当な傾斜及びためます又は油分分離装置を設けること。	左記は液体燃料の場合。 液体燃料が漏洩しない構造の規定という意味で左記規定は参考となる。

安全要件の抽出(2)

		項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 (検討不要には(不要)と記載)
						名 称	章	概 要	
構造面における安全上の基本的要件	2. 物件の損傷の防止	1)火災	1)①可燃性ガス、液体燃料漏洩→出火→他への延焼(火災)→周囲の物の焼損	1)①a) 内部機器(スタック、燃料処理装置等)、配管からの可燃性ガスリークによる爆燃気の生成+着火源の存在+可燃性材料の存在	1．1)①a)参照	1．1)①a)参照	1．1)①a)参照	1．1)①a)参照	1．1)①a)参照
				1)①b) 排気口からの可燃性ガス放出(停止パージ等)による爆燃気の生成+着火源の存在+可燃性材料の存在	1．1)①b)参照	1．1)①b)参照	1．1)①b)参照	1．1)①b)参照	1．1)①b)参照
			1)②漏電・過電流→出火→他への延焼(火災)→周囲の物の焼損	1)②漏電・過電流による局部的温度上昇+可燃性材料の存在	1．1)②参照	1．1)②参照	1．1)②参照	1．1)②参照	1．1)②参照
			1)③高温排気・換気→可燃物の発火(火災)→周囲の物の焼損	1)③内部燃焼機器の燃焼異常、内部機器の異常過熱	1．1)③参照	1．1)③参照	1．1)③参照	1．1)③参照	1．1)③参照 JGA/ﾐﾚﾆｱﾑAPJで既に実施中
			1)④高輻射熱→可燃物の発火(火災)→周囲の物の焼損	1)④上記1)③+換気不良による機器内部の熱滞留	1．1)④参照	1．1)④参照	1．1)④参照	1．1)④参照	1．1)④参照 JGA/ﾐﾚﾆｱﾑAPJで既に実施中
			1)⑤高輻射熱→可燃性液体の揮発、漏洩→出火→他への延焼(火災)→周囲の物の焼損	1)⑤(屋外設置の場合)可燃性液体滞留部分への直射日光の長時間照射	1．1)⑤参照	1．1)⑤参照	1．1)⑤参照	1．1)⑤参照	1．1)⑤参照
		2)爆発	2)①可燃性ガス漏洩→爆発→火災、周囲の物の損傷	2)① 内部機器(スタック、燃料処理装置等)、配管からの可燃性ガスリークによる爆燃気の生成+着火源の存在	1．2)①参照	1．2)①参照	1．2)①参照	1．2)①参照	1．2)①参照
			2)②着火時の爆燃→周囲の物の損傷	2)②a) 起動時の燃焼部における可燃ガスの滞留+着火	1．2)②a)参照	1．2)②a)参照	1．2)②a)参照	1．2)②a)参照	1．2)②a)参照
				2)②b) 火炎監視装置の不良+未燃焼ガスの充満+着火	1．2)②b)参照	1．2)②b)参照	1．2)②b)参照	1．2)②b)参照	1．2)②b)参照

		項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
						名　称	章	概　要	
			2)③内圧上昇による爆発(破裂)→周囲の物の損傷	2)③ 昇圧器の誤作動、閉止機構の誤作動、高温部への水の閉止等	1．2）③参照	1．2）③参照	1．2）③参照	1．2）③参照	1．2）③参照
			2)④触媒存在下における水素・酸素反応	2）④ａ)燃料処理装置のＣＯ除去器における空気導入部における爆燃気の生成と触媒の存在	1．2）④ａ)参照	1．2）④ａ）参照	1．2）④ａ）参照	1．2）④ａ)参照	1．2）④ａ)参照
				2）④ｂ）スタックのクロスリークによる爆燃気の生成と白金触媒の存在	1．2）④ｂ)参照	1．2）④ｂ）参照	1．2）④ｂ）参照	1．2）④ｂ)参照	1．2）④ｂ)参照
		3)転倒	3)転倒→近くの人、物の損傷	3）地震・その他物理的衝撃（人等が当たるなど）	1．6）参照	1．6）参照	1．6）参照	1．6）参照	1．6）参照
		4）漏水	4）漏水（直接危険はないが器物の損傷、二次災害誘発の可能性）	4）　内部機器・配管からの水もれ	1．7）参照	1．7）参照	1．7）参照	1．7）参照	1．7）参照
		5）他ガス機器への悪影響	5）（都市ガス又はLPG燃料の場合）ガス供給側圧力変動→同時使用中のガス機器の失火等	5）　原燃料ガス昇圧器の間歇的吸引、停止時の昇圧器二次側の圧力の一次側への伝播	ポンプ動作が燃料供給配管側の圧力に影響を及ぼさない設計			基本的には影響を及ぼさないような昇圧器の選定、配管構成（バッファの確保、逆止機能等）が必要。 なお、家庭用1kW級の燃料電池の場合、原燃料の供給量が0.3Nm3/h程度と非常に少ないためにポンプ能力が低く、他ガス機器への影響はほとんどない。定格出力が大きい燃料電池の場合に整理が必要。
					昇圧器停止時の二次側圧力が一次側に伝播しない構成				

安全要件の抽出(3)

		項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 (検討不要には(不要)と記載)
						名 称	章	概 要	
構造面における安全上の基本的要件	3. 電気設備その他の物件の機能障害防止	1)家電機器等の機能障害	1)①直流電圧異常→交流電圧異常	1)①電池スタック異常	・許容範囲外の電圧にならないこと。(構・機)	自主基準案	第6章 6.4.1(e)	燃料電池システムには、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 ・燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合	
			1)②交流電圧異常	1)②パワーコンディショナ出力電圧の異常	・保護装置(OVR、UVR)を設置すること。(構)	連系ガイドライン*1	第2章 第2節	2.保護装置の設置 (1)発電設備が故障した場合、系統の保護のため、次により保護継電器を設置する。 ①発電設備の発電電圧が異常に上昇した場合に、これを検出し解列することのできる過電圧継電器を設置する。ただし、発電設備自体の保護装置により検出・保護できる場合は省略できる。 ②発電設備の発電電圧が異常に低下した場合に、これを検出し解列することのできる不足電圧継電器を設置する。ただし、発電設備自体の保護装置により検出・保護できる場合は省略できる。	
					・電圧異常時、系統から解列できる遮断器を設置すること。(構)	連系ガイドライン*1	第2章 第2節	1.保護協調の目的 発電設備の故障又は系統の事故時に、事故の除去、事故範囲の局限化等を行うために次の考え方に基づき保護協調を行う。 ①発電設備の異常及び故障に対しては、この影響を連系された系統へ波及させないために、発電設備を当該系統と解列すること。	
			1)③電磁ノイズ	1)③a)パワーコンディショナ・電源装置からの放射電磁波	・許容値以上の放射電磁波の発生防止	電技*2	第6節 第42条	(通信障害の防止) 電線路又は電車線路は、無線設備の機能に継続的かつ重大な障害を及ぼす電波を発生するおそれがないように施設しなければならない。 2 電線路又は電車線路は、弱電流電線路に対し、誘導作用により通信上の障害を及ぼさないように施設しなければならない。ただし、弱電流電線路の管理者の承諾を得た場合は、この限りでない。	電技には、あくまで電線路に対する基準が定められているので、燃料電池として基準を設ける必要があるか否かを含めて別途検討する必要がある。
						電技解釈*3	第3章 第1節 第53条	【電波障害の防止】 架空電線路は、無線設備の機能に継続的かつ重大な障害を及ぼす電波を発生するおそれがある場合には、これを防止するように施設すること。 2 前項の場合において、架空電線路から発生する電波の許容限度のうち低圧又は高圧の架空電線路から発生する電波の許容限度は、架空電線の直下から架空電線路と直角の方向に10m離れた地点において妨害波測定器のわく型空中線の中心を地表上1mに保ち、かつ、雑音電波の電界強度が最大となる方向に空中線を調整し、数時間の間隔をおいて2回以上連続して10分間以上測定したとき、各回の測定値の最大値の平均値が526.5Hzから1,606.5Hzまでの周波数帯において36.5Hz(準せん頭値)であることとする。	同 上
						JIS C 8980		雑音端子電圧は、周波数が0.5265MHzを超え30MHz以下の範囲において、73dBμV以下であること。	(不要)
				1③b)パワーコンディショナ・電源装置からの伝導電磁波	・許容値以上の伝導電磁波の発生を防止すること。(構・機)	電技*2	第1章 第3款 第17条	(高周波利用設備への障害の防止) 高周波利用設備(電路を高周波電流の伝送路として利用するものに限る。以下この条において同じ。)は、他の高周波利用設備の機能に継続的かつ重大な障害を及ぼすおそれがないように施設しなければならない。	電技には、あくまで電線路に対する基準が定められているので、燃料電池として基準を設ける必要があるか否かを含めて別途検討する必要がある。
						電技解釈*3	第1章 第4節 第35条	【高周波利用設備の障害の防止】 高周波利用設備から、他の高周波利用設備に漏えいする高周波電流の許容限度は、次の測定装置又はこれに準ずる測定装置により、2回以上連続して10分間以上測定したとき、各回の測定値の最大値の平均値が−30dB(1mWを0dBとする。)であること。	同 上
						JET認証試験項目		定格電圧・定格周波数の交流電源に接続し、直流はインバータ出力が定格出力の100%、50%及び12.5%に設定し、5kHz〜10kHz帯の高調波成分が89dB(μV)以下であること。	基準数値の妥当性要検討

		項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
						名　称	章	概　要	
				1）③c)補機からの放射電磁波	・許容値以上の放射電磁波の発生を防止すること。（構・機）	電技*2	第6節 第42条	（通信障害の防止） 電線路又は電車線路は、無線設備の機能に継続的かつ重大な障害を及ぼす電波を発生するおそれがないように施設しなければならない。 2 電線路又は電車線路は、弱電流電線路に対し、誘導作用により通信上の障害を及ぼさないように施設しなければならない。ただし、弱電流電線路の管理者の承諾を得た場合は、この限りでない。	電技には、あくまで電線路に対する基準が定められているので、燃料電池として基準を設ける必要があるか否かを含めて別途検討する必要がある。
						電技解釈*3	第3章 第1節 第53条	【電波障害の防止】 架空電線路は、無線設備の機能に継続的かつ重大な障害を及ぼす電波を発生するおそれがある場合には、これを防止するように施設すること。 2 前項の場合において、架空電線路から発生する電波の許容限度のうち低圧又は高圧の架空電線路から発生する電波の許容限度は、架空電線の直下から架空電線路と直角の方向に10m離れた地点において妨害波測定器のわく型空中線の中心を地表上1mに保ち、かつ、雑音電波の電界強度が最大となる方向に空中線を調整し、数時間の間隔をおいて2回以上連続して10分間以上測定したとき、各回の測定値の最大値の平均値が526.5Hzから1,606.5Hzまでの周波数帯において36.5Hz（準せん頭値）であることとする。	同　上
						JIS C 8980		雑音端子電圧は、周波数が0.5265MHzを超え30MHz以下の範囲において、73dBμV以下であること。	基準数値の妥当性要検討
			1）④高調波	1）④パワーコンディショナからの高調波電流の流出	・許容値以上の高調波の発生を防止すること。（構・機）	分散型電源系統連系技術指針（JEAG 9701-2001）	第2章第1節	1-3の1.高調波 逆変換装置の設置者においては、電気協同研究会報告（第46巻第2号　電力系統における高調波とその対策）を参考として、逆変換装置本体（フィルターを含む。）の高調波流出電流を総合電流歪率5%、各次電流歪率3%以下とすることが望ましい。以下省略。	基準数値の妥当性要検討

*1：電力系統連系技術要件ガイドライン
*2：電気設備に関する技術基準を定める省令
*3：電気設備の技術基準の解釈について

安全要件の抽出(4)

		項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 (検討不要には(不要)と記載)
						名 称	章	概 要	
構造面における安全上の基本的要件	4. 電気供給の著しい支障の防止	1)配電系統への障害	1)①系統連系点での電圧異常(電圧高・低)	1)① パワーコンディショナ出力電圧の異常	・保護装置(OVR、UVR)の設置。	連系ガイドライン*1	第2章第2節	2.保護装置の設置 (1)発電設備が故障した場合、系統の保護のため、次により保護継電器を設置する。 ①発電設備の発電電圧が異常に上昇した場合に、これを検出し解列することのできる過電圧継電器を設置する。ただし、発電設備自体の保護装置により検出・保護できる場合は省略できる。 ②発電設備の発電電圧が異常に低下した場合に、これを検出し解列することのできる不足電圧継電器を設置する。ただし、発電設備自体の保護装置により検出・保護できる場合は省略できる。	
					・電圧異常時、系統から解列。	連系ガイドライン*1	第2章第2節	1.保護協調の目的 発電設備の故障又は系統の事故時に、事故の除去、事故範囲の局限化等を行うために次の考え方に基づき保護協調を行う。 ①発電設備の異常及び故障に対しては、この影響を連系された系統へ波及させないために、発電設備を当該系統と解列すること。	
			1)②系統の相間アンバランス	1)② 電気方式の不一致による連系	・電気方式を一致させる。	連系ガイドライン*1	第2章第1節	1.電気方式 (1)発電設備の電気方式は、(2)に定める場合を除き、連系する系統の電気方式と同一とする。 (2)発電設備の電気方式は、次のいずれかに該当する場合には、連系する系統の電気方式と異なってもよいものとする。 ①最大使用電力に比べ発電設備の容量が非常に小さく、相間の不平衡による影響が実態上問題とならない場合 ②単相3線式の系統に単相2線式200Vの発電設備を連系する場合であって、受電点の遮断器を開放したときなどに負荷の不平衡により生じる過電圧に対して逆変換装置を停止する対策、又は発電設備を解列する対策を行う場合	
					・負荷の不平衡を防止する遮断器を設置。(単相3線式との連系)	自主基準案	6.2.3	6.2.3 受電点の遮断器 単相3線式の電気方式で，中性線に最大電流が流れる可能性がある場合は3極に過電流引き外し素子を有する遮断器を受電点に設置する。	
						連系ガイドライン*1	第2章第1節	1.電気方式 (3)単相3線式の系統に発電設備を連系する場合であって、負荷の不平衡により中性線に最大電流が生じるおそれがあるときは、受電点において3極に過電流引き外し素子を有する遮断器を設置する。	
			1)③系統への直流分流出→変圧器の偏磁現象等発生	1)③-パワーコンディショナでの直流成分の混入	・変圧器の設置。又は直流検出器を備え、検出時に停止。	連系ガイドライン*1	第2章第2節	6.変圧器 逆変換装置から直流が系統へ流出することを防止するために、変圧器を設置するものとする。ただし、次の条件を共に満たす場合には、変圧器の設置を省略することができる。 ①直流回路が非接地である場合又は高調波変圧器を用いる場合 ②交流出力側に直流検出器を備え、直流検出時に交流出力を停止する機能を持たせる場合	
			1)④停電時の系統充電	1)④ 燃料電池の単独運転	・単独運転防止機能を有する装置の設置。	連系ガイドライン*1	第2章第2節	2.保護装置の設置 (4)逆変換装置を用いた発電設備を用いる場合であって逆潮流がある場合は、単独運転防止のため、周波数上昇継電器及び周波数低下継電器を設置するとともに、単独運転検出機能(受動的方式及び能動的方式のそれぞれ一方式以上を含む)を有する装置を設置する。 (3)逆潮流が無い場合は、単独運転防止のため、以下の保護装置群を設置する。 ①逆変換装置を用いた発電設備を用いる場合には、逆電力継電器及び周波数低下継電器を設置するとともに、不足電圧検出機能及び不足電力検出機能の組み合わせ等により構成される逆充電検出機能を有する装置又は単独運転検出機能(受動的方式及び能動的方式のそれぞれ一方式以上を含む。)を有する装置を設置する。ただし、発電設備の出力容量が契約電力に比べて極めて小さい場合には、上記装置群の代わりに(4)に掲げる装置群を設置することができる。	

*1:電力系統連系技術要件ガイドライン

安全要件の抽出(5)

		項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 検討不要には(不要)と記載
						名 称	章	概 要	
機能面における安全上の基本的要件	5. 機器異常の検知機能・異常検知時の安全停止機能を有すること	1)可燃性ガス、液体燃料漏洩	1)可燃性ガス、液体燃料漏洩	1)①機器、配管の損傷 1)②接続の緩み	1)①②a)可燃性ガス検知器により漏洩可燃性ガスを検知し、非常停止する。 1)①②b)可燃性ガスの漏洩量の増加により系内の物質収支のずれ、ヒートバランスの崩れ等が発生し、これを検知して非常停止する。	自主基準案	6.4 6.4.1	6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に揚げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (a)燃料・改質系統内の燃料ガスの圧力又は温度が運転規定値を越えた場合 (c)室内に設置するものにあっては、燃料が漏えいした場合 (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合 (f)燃料電池の温度が著しく上昇した場合	・熱物質収支のずれ・ヒートバランスの崩れ等で、可燃ガスの漏洩が検知できるか検討が必要。実機検証が必要と考えられる。
		2)漏電	2)漏電	2)絶縁不良、落雷	2)漏電遮断器、過電流遮断器、ELR・アレスタ等により検知し非常停止する	自主基準案	6.2.1、6.2.2	6.2.1地絡・短絡事故等からの保護 (a)燃料電池側の電路が地絡した場合、これを検出し事故部分を分離する、連系を解列するなどの保護機能を備えていること。また、系統が地絡した場合において連系を解列するなどの保護機能を備えていること。 (c)連系運転及び自立運転時の負荷短絡に対しては、安全に停止又は保護する機能を備えていること。 6.2.2漏電遮断器 電路に地絡が生じた時、安全に電路を遮断するため、小型高分子形燃料電池システムを接続する低圧幹線、又はそのシステムの専用分岐点に漏電遮断器を設置する。	(不要)
						電気設備技術基準 内線規程	40 1375	地絡遮断装置等の施設 漏電遮断器などの取り付け	
		3)火災	3)火災	3)①内部機器の異常高温による着火 3)②漏洩可燃性ガスへの着火 3)③漏電による着火	3)①a)改質装置異常高温を検知し非常停止する 3)①b)燃料電池本体異常高温を検知し非常停止する 3)②③温度ヒューズ、パッケージ内温度センサー、煙検知機等により火災を検知し非常停止する	自主基準案	6.4.1	6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に揚げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (a)燃料・改質系統内の燃料ガスの圧力又は温度が運転規定値を越えた場合 (f)燃料電池の温度が著しく上昇した場合 (g)火災を検知した場合	(不要)
		4)異常高温	4)異常高温	4)①プロセスの制御異常 4)②冷却不良,換気不良,排気不良	4)①a)改質装置異常高温を検知し非常停止する 4)①b)燃料電池本体異常高温を検知し非常停止する 4)①c)制御装置の異常を検知し非常停止する 4)②冷却不良、換気不良、排気不良によって反応器等に発生する異常高温を検知し非常停止する	自主基準案	6.4.1	6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に揚げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (a)燃料・改質系統内の燃料ガスの圧力又は温度が運転規定値を越えた場合 (d)制御装置に異常が生じた場合 (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合 (f)燃料電池の温度が著しく上昇した場合	(不要)
						電気設備技術基準	45	燃料電池の保護装置	
		5)各種過電流	5)各種過電流	5)～8)電力変換装置の異常	系統連系ガイドライン及びJIS C8980 に基づいて設置された検知機能によりこれらを検知して非常停止する。	自主基準案	5.3	5. 3電力変換装置 度が他個体高分子形燃料電池システムに用いる電力変換装置はJIS C 8980に準じた性能を有すること。	(不要)
		6)系統電圧異常	6)系統電圧異常			電気設備技術基準 系統連系ガイドライン	45	燃料電池の保護装置	
		7)系統周波数異常	7)系統周波数異常						
		8)単独運転検出	8)単独運転検出						

		項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 検討不要には（不要）と記載
						名　称	章	概　要	
		9）制御機器異常	9）制御機能喪失による暴走運転	9）①制御電源の喪失、制御電源喪失による保護装置（自動停止）機能喪失 9）②制御機器（コントローラ、制御弁等）の動作不良（回路部品異常、ソフト異常、制御通信不良等）	制御電源異常・喪失時における安全側への（機械的）自動停止の機能	自主基準案	6.4.1 2.2.1 2.4.1	6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (d)制御装置に異常が生じた場合 2.2.1ガス配管系 (4)燃料ガスは,直列に設けられた2個以上の自動弁を通過させること。自動弁は駆動源が喪失した場合閉じるタイプとする（フェイルクローズ）。 2.4.1電子制御装置を使用する機器 電子制御装置を使用する機器は次による (a)通常の使用状態において、電源回路が開から閉、待機状態から運転状態、生ガスの放出など機器が誤動作しないこと (b)通常の使用状態において、制御回路の一部が短絡又は断線したとき、機器の異常加熱、生ガスの放出など安全性に支障がないこと	（不要）
		10）上記安全装置の異常	10）①上記1）可燃性ガス等を適切に検知できない	10）①可燃性ガス検知器の故障、感度不足	10）①a）可燃性ガス検知器の検知部が断線すると、断線個所によりプラスに振れたりマイナスに振れたりするため、これを制御装置が検知して安全に停止する。また、検知部の感度は経時変化により感度が敏感になる方向のため、感度不足になることはなくガス漏れを検知して安全に停止する、フェールセーフの考え方で作られている。 10）①b）ヒートマスバランスの監視による異常検知（可燃性ガスの漏洩量の増加により系内の物質収支のずれ、ヒートバランスの崩れ等が発生し、これを検知する。） 10）①c　メンテナンス等により、検知器を適正な精度に維持する。	自主基準案	6.4.1 7.2	6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (c)室内に設置するものにあっては、燃料が漏えいした場合 7.2保守・点検項目 (d)部品交換は、メーカ等が定めた周期及び方法で行う。	（不要）
			10）②上記2）漏電を適切に検知できない	10）②漏電遮断器の選定不良	適正な漏電遮断器の選定、設置	自主基準案	7.2	7.2保守・点検項目 (b)電気系については、絶縁抵抗、接地抵抗などの測定、保護継電器試験などを行う (d)部品交換は、メーカ等が定める周期及び方法で行う	（不要）
			10）③上記3）火災を適切に検知できない	10）③火災を検知する手段（パッケージ内異常高温検出センサ）（例：温度センサ、温度ヒューズ等）の動作不良	10）③a）温度センサ異常時に自動停止する機能を有する。（熱電対は断線するとバーンアウトして異常高温を指示する：フェイルセーフ） 10）③b）適正なパッケージ内温度高温センサーの選定、設置、定期的な部品交換	自主基準案	6.4.1 7.2	6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (g)パッケージ内が異常温度になった場合 7．2保守・点検項目 (d)部品交換は、メーカ等が定めた周期及び方法で行う。	（不要）
			10）④上記4）異常高温を適切に検知できない	10）④温度センサの動作不良	10）④a）センサー異常指示時の自動停止機能有する。（熱電対は断線するとバーンアウトして異常高温を指示する：フェイルセーフ） 10）④b）耐久性のあるセンサーの選定、定期的な部品交換	自主基準案	6.4.1 7.2	6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (a)燃料・改質系内の燃料ガスの温度が運転規定値を超えた場合 (f)燃料電池の温度が著しく上昇した場合 7．2保守・点検項目 (d)部品交換は、メーカ等が定めた周期及び方法で行う。	（不要）
			10）⑤上記5）～8）を適切に検知できない	10）⑤a）パワーコンディショナの動作不良 10）⑤b）センサ動作設定値不良	10）⑤a）パワーコンディショナの適切な選定 10）⑤b適切な設定値の設定	自主基準案	5.3 7.2	JIS　C　8980に準じた性能を有す。 系統連系ガイドラインに準じた性能を有す。 7.2保守・点検項目 (b)電気系については、絶縁抵抗、接地抵抗などの測定、保護継電器試験などを行う (d)部品交換は、メーカ等が定める周期及び方法で行う	（不要）

安全要件の抽出(6，7)

		項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 (検討不要には(不要)と記載)
						名 称	章	概 要	
機能面における安全上の基本的用件	6. 安全に運転または操作できること	1)誤操作	1)運転操作のミス	1)①不明確またはわかりにくい表示、マニュアル 1)②操作・実施しにくい構造	・取扱説明書の整備 ・燃料電池の本体部については、自動運転が原則であり、運転スイッチを入れた後は操作の必要性がない。 ・誤って非常停止ボタンを押しても、安全に停止できる。 ・考えられる操作ミスとしては、スイッチonoffを繰り返した場合があるが、エアコン等と同様にタイマ設定によって保護する。 ・給湯や暖房の温度設定については、ガス瞬間給湯器、電気温水器、床暖の操作と同様な原理で、誤操作に対しても同様な対策を行う。	自主基準案	8.2	8.2 取扱説明書 装置には、次の事項を記載し、安全に留意した取扱説明書等を、添付しなければならない。 (a)装置の取扱いにあたって、特に注意すべき事項 (1)使用燃料(ガス)に関する注意 (2)使用場所、位置についての注意及び防火上の注意 (3)使用上の注意 (b)装置設置の要領等に関する事項 (1)燃料の接続と、その要領及び注意 (2)部品の組み立て、取付け等を必要とするものは、その要領及び注意 (3)防熱板を使用するものにおいては、その設置要領及び注意 (4)家庭用電源を使用するものは、電源接続等の要領及び注意 (5)排気に関する注意及びその設置上の注意 (c)装置の使用方法に関する事項 (d)日常点検、清掃及び部品交換に関する事項 (e)簡単な故障や異常の際の見分け方及びその処置方法に関する事項 (f)故障や修理等の連絡先に関する事項 (g)機器の仕様に関する事項	(不要)
						JIS S 2092 (家庭用ガス燃焼機器の構造通則)	3.1(1)	3.1 構造一般 機器及び機器の各部の構造は、ガス漏れ、火災などに関する安全性及び耐久性を考慮して作られ、通常の輸送、設置、使用などに対して、破損又は使用上支障がある変形などを生じない構造とし、次の各項に適合しなければならない。 (1)各部の作動は、円滑、かつ、確実であること。	
		2)メンテナンス実施時のミス	2)①メンテナンス実施方法の誤り・不完全による、可燃性ガス、液体リーク、漏水	2)①a)不明確またはわかりにくい表示、マニュアル 2)①b)操作・実施しにくい構造	・メンテナンス用のマニュアルの充実 ・標準的な交換部品は、脱硫器、水処理器、フィルタである。 ・メンテナンスに不備が発生した場合は、性能低下を生じるが、以下に示すように停止する。 ・脱硫器の交換忘れ→脱硫剤が寿命になると、改質性能が下がり、発電量不足で停止(安全上の問題はない) ・脱硫器の設置ミス→原料ガスの漏洩を生じるが、ガスセンサーや発電量不足で停止(安全上の問題はない) ・フィルターの交換忘れ→長時間運転後、発電量不足で停止(安全上の問題はない) ・フィルターの設置ミス→長時間運転後、発電量不足で停止(安全上の問題はない) ・水処理器の交換忘れ→水処理材料が寿命になると、水質低下により、改質性能が下がり、発電量不足で停止(安全上の問題はない)	自主基準案	7.2	7.2 保守・点検項目 小型の固体高分子形燃料電池システムが正常な機能を維持するように、以下の要領で竣工時点検、定期点検、災害時点検を行う。日常点検は取扱説明書などに示された方法に従う。 (a)全体システムについては、目視による点検、運転中における異常の有無の確認を行う。 (b)電気系については、絶縁抵抗、接地抵抗などの測定、保護継電器試験などを行う。 (c)ガス配管系については、漏洩、異常音、振動の有無などを確認する。 (d)部品交換は、メーカー等が定める周期及び方法で行う。 保守・点検要領の例を表7-1に示す。(表 省略)	(不要)
						自主基準案	8.1.4	8.1.4 部品交換時期の表示 定期的に交換及び清掃を必要とする部品がある場合は、取扱説明書と当該部品に交換時期と交換方法を表示する	
						JIS S 2092 (家庭用ガス燃焼機器の構造通則)	3.1(9),(11),(12)	3.1 構造一般 機器及び機器の各部の構造は、ガス漏れ、火災などに関する安全性及び耐久性を考慮して作られ、通常の輸送、設置、使用などに対して、破損又は使用上支障がある変形などを生じない構造とし、次の各項に適合しなければならない。 (9)主要な機器部品の調整及び交換が可能であること (11)掃除、手入れなどのために取外しを必要とする部分は、原則として通常の工具で取外し、取付けができること。 (12)各部の取付けに用いるねじは、締付けが有効であり、保守点検のため取外しを必要とする部分は繰り返して使用できること。	

		項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
						名　称	章	概　要	
			2)②メンテナンス実施時の事故（感電、火傷、CO中毒等）	2)②a)不明確またはわかりにくい表示、マニュアル 2)②b)操作・実施しにくい構造	・メンテナンス用のマニュアルの充実 ・メンテナンスにおける確認項目によるが、外装をはずして運転を行う確認項目はないと思えることから、感電やCO中毒は起こりにくい。	自主基準案	7.2	7.2 保守・点検項目 小型の固体高分子形燃料電池システムが正常な機能を維持するように、以下の要領で竣工時点検、定期点検、災害時点検を行う。日常点検は取扱説明書などに示された方法に従う。 (a)全体システムについては、目視による点検、運転中における異常の有無の確認を行う。 (b)電気系については、絶縁抵抗、接地抵抗などの測定、保護継電器試験などを行う。 (c)ガス配管系については、漏洩、異常音、振動の有無などを確認する。 (d)部品交換は、メーカー等が定める周期及び方法で行う。 保守・点検要領の例を表7-1に示す。（表　省略）	（不要）
						自主基準案	8.1.4	8.1.4 部品交換時期の表示 定期的に交換及び清掃を必要とする部品がある場合は、取扱説明書と当該部品に交換時期と交換方法を表示する	
						自主基準案	4.4	4.4 保守点検用の開閉器の設置 (a)小型固体高分子形燃料電池システムを系統と接続する交流側電路には、システムの保守・点検用に専用の開閉器を設置する。	
						自主基準案	5.4.2	5.4.2 感電防止 (a)小型固体高分子形燃料電池システムの電路において、中継端子箱、差込接続器（防水コネクタ）、及びその他接続部は充電部が露出していないこと。 (b)人が触れるおそれがある場所に設置する中継端子箱などの機器にあっては、外箱が施錠できるなど、不要な操作が行われにくい構造とすること。	
						JIS S 2092 （家庭用ガス燃焼機器の構造通則）	3.1(9),(11),(12)	3.1 構造一般 機器及び機器の各部の構造は、ガス漏れ、火災などに関する安全性及び耐久性を考慮して作られ、通常の輸送、設置、使用などに対して、破損又は使用上支障がある変形などを生じない構造とし、次の各項に適合しなければならない。 (9)主要な機器部品の調整及び交換が可能であること (11)掃除、手入れなどのために取外しを必要とする部分は、原則として通常の工具で取外し、取付けができること。 (12)各部の取付けに用いるねじは、締付けが有効であり、保守点検のため取外しを必要とする部分は繰り返して使用できること。	
			2)③系内残存ガス、スタック残留電圧による感電	反応ガスの残留	・メンテナンス用マニュアルの充実→残留水素の消耗により電圧が低下する。→停止直後の危険性について記載する。				（不要）
		3)操作パネル(リモコンパネル)の故障	3)操作パネルが故障し、運転・停止操作ができない	3)通信ケーブルの断線、操作パネルの部品故障	・リモコンの断線→運転スイッチがoffと同じ状態のため運転しない。 ・操作パネルの部品故障→運転スイッチが固着した場合は運転状態が続くが、制御回路本体により安全に運転を続ける。				（不要）
	7. 運転停止時の安全が確保されること	1)可燃性ガス、液体燃料の閉止弁からの漏洩	1)停止時の可燃性ガス、液体燃料閉止弁のシートリーク	1) 機器不良	・直列電磁弁（2連）の設置	JIS S 2092 （家庭用ガス燃焼機器の構造通則）	3.6(2)	3.6 設定時間になると自動的に運転を開始する機能を持つ機器 設定時間になると自動的に運転を開始する機能を持つ機器は、次によらなければならない。 (2)バーナへのガス通路は、機器の待機の状態において、直列に設けられた2個以上の弁によって閉ざされていること。なお、この場合一つのバーナへのガス通路に直列に設けられた2個以上の弁のうち、少なくとも1個の弁は、その機能が独立したものであること。	（不要）

		項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
						名 称	章	概 要	
		2）窒素パージレス時の危険性（火災、爆発、CO中毒）	2）系内残存ガスによる災害（火災、爆発、CO中毒等）	2）①（最終的に可燃性ガスを窒素以外でパージする場合）パージ動作不良	・停止時の温度低下により、燃料処理器内部の圧力が減少し、外気が流入する。温度低下によるもののため、急激な流入はなく、爆燃気を形成する酸素濃度までには至らない。選択酸化器で水素と反応して酸素が消費される。→安全上の課題はないが、容器等の腐食が起こる可能性があり、長期的には改質性能の低下を生じる。			窒素パージの不要化については、各社検討段階 ミレニアム事業で安全性については確認試験を実施中	ミレニアム事業の成果から判断
				2）②（最終的に可燃性ガスを封入する場合）閉止弁のリーク	・停止時の温度低下により、燃料処理器内部の圧力が減少し、外気が流入する。温度低下によるもののため、急激な流入はなく、爆燃気を形成する酸素濃度までには至らない。選択酸化器で水素と反応して酸素が消費される。→安全上の問題はないが、変成器まで拡散すると変性触媒の性能低下が起こり、改質性能が低下し、発電不足で停止する			同 上	ミレニアム事業の成果から判断

安全要件の抽出(8)

		項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 (検討不要には(不要)と記載)
						名 称	章	概 要	
機能面における安全上の基本的用件	8. 災害その他非常の場合に安全を確保できること	1)地震	1)①転倒		・アンカー固定 ・アンカー固定できないものでも、原料がガスの場合は、マイコンメーターに震度計があり、ガス供給が停止され、装置も停止する。 ・石油機器の場合には、感震器等が設置されており、停止する。	自主基準案	4.1.1(a)	4.1.1設置場所 設置場所は以下の内容に準拠する。 (a)電源パッケージは、容易に移動・転倒・脱落しないよう、十分堅固に設置・固定する。また必要に応じ地震に対する処置を施す。	(不要)
						業務用ガス機器の設置基準及び実務指針	P264 参考資料2	耐震固定方法	
						JIS S 3024 (石油小形給湯機)	5.7	5.7 安全装置の構造 給湯機には、対震自動消火装置、点火安全装置、燃焼制御装置、停電安全装置、過熱防止装置及び電動機の過負荷保護装置を取り付けるものとし、その構造はJIS S 3030の5.6(安全装置の構造)の規定による。ただし、瞬間形の給湯機には、過熱防止装置は付けなくてもよい。	
			1)②配管・容器などの損傷		・金属可とう管接続等 (但し、装置内部の残留水素の量は、貯蔵部分がないことから少量であり、地震により配管や容器が破損しても、外部に影響を与えるような爆発等は生じない。)	ガス機器の設置基準及び実務指針	6-1	6-1 ガス接続 6-1-1 基本事項 ガス機器とガス栓の接続部は、ガス漏れのないように確実に接続すること。 6-1-2 接続方法の区分 ガス接続は、ガス機器の設置及び使用状況により、原則として次の方法とする。 (1) 常設形ガス機器のガス接続 ①都市ガス用の場合 金属管、金属可とう管、強化ガスホース、又は機器接続ガス栓を用い、容易に外せない接続方法とすること。 ②液化石油ガス用の場合 金属管、金属フレキシブルホース、液化石油ガス用継手金具付低圧ホース(LPガス燃焼器接続用継手付ホース)、又は機器接続ガス栓を用い、ねじ接続すること。	(不要)
		2)延焼			・火災により系統が停電した場合は、停止処理を行う。 ・周囲が異常に高温になった場合は、パッケージ内に設置した温度スイッチが働いて停止処理を行う。	自主基準案	6.4.1(a),(g)	6.4.1 非常停止装置 燃料電池システムには、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (a)燃料・改質系統内の燃料ガスの圧力又は温度が運転規定値を超えた場合 (g)火災を検知した場合	(不要)
		3)浸水	3)浸水による漏電		漏電遮断器が作動して、停止処理を行う。	自主基準案	6.2.2	6.2.2 漏電遮断器 電路に地絡が生じた時安全に電路を遮断するため、小型固体高分子形燃料電池システムを接続する低圧幹線、又はそのシステムの専用分岐点に漏電遮断器を設置する。また、この漏電遮断器は、二次側から(固体高分子形燃料電池システムの側から)の充電によっても機能の低下、機器の損傷などを生じないものを使用する。	(不要)
						JIS S 2092 (家庭用ガス燃焼機器の構造通則)	3.4	3.4 屋外式機器の構造、材料及び寸法 屋外式機器の構造、材料及び寸法は、次によらなければならない。 (1)JIS S 2093の表35(RF機器の試験)の3.3, 5.3及び11によって試験を行い、ケーシング内に使用上支障がある雨が入らないこと。	
		4)積雪	4)①開口部からの浸雪による漏電		漏電遮断器が作動して、停止処理を行う。	自主基準案	6.2.2	6.2.2 漏電遮断器 電路に地絡が生じた時安全に電路を遮断するため、小型固体高分子形燃料電池システムを接続する低圧幹線、又はそのシステムの専用分岐点に漏電遮断器を設置する。また、この漏電遮断器は、二次側から(固体高分子形燃料電池システムの側から)の充電によっても機能の低下、機器の損傷などを生じないものを使用する。	(不要)
						JIS S 2092 (家庭用ガス燃焼機器の構造通則)	3.4	3.4 屋外式機器の構造、材料及び寸法 屋外式機器の構造、材料及び寸法は、次によらなければならない。 (1)JIS S 2093の表35(RF機器の試験)の3.3, 5.3及び11によって試験を行い、ケーシング内に使用上支障がある雨が入らないこと。	

	項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
					名　称	章	概　要	
		4)②吸気孔閉塞		・燃焼熱が不足して、改質器の温度異常で停止処理を行う。 ・立ち消え安全装置の設置	自主基準案	6.4.1(e)	6.4.1 非常停止装置 燃料電池システムには、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合	（不要）
					JIS S 2109 （家庭用ガス温水器）	5.1 c)	5.1 構造及び材料一般 機器及び機器の各部の構造、材料及び寸法はJIS S 2092によるほか、次によらなければならない。 c) 立消え安全装置 機器は立消え安全装置を備えていること	
	5)強風	5)風の吹き込みによる消火		・火炎検知機により、停止操作を行う。 ・立ち消え安全装置の設置	自主基準案	6.4.1(b)	6.4.1 非常停止装置 燃料電池システムには、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (b)改質器のバーナの火が消えた場合	（不要）
					JIS S 2109 （家庭用ガス温水器）	5.1 c)	5.1 構造及び材料一般 機器及び機器の各部の構造、材料及び寸法はJIS S 2092によるほか、次によらなければならない。 c) 立消え安全装置 機器は立消え安全装置を備えていること	
	6)落雷	6)過電流等による発火		・温度異常により、停止操作を行う。 ・過電流遮断機の設置	自主基準案	6.4.1(a),(g)	6.4.1 非常停止装置 燃料電池システムには、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (a)燃料・改質系統内の燃料ガスの圧力又は温度が運転規定値を超えた場合 (g)火災を検知した場合	（不要）
	7)衝撃	7)事故→可燃性ガス、液体漏洩による火災		・アンカー固定 ・アンカー固定できないものについては、感震器等を設置する。 ・発電量不足または漏電または制御喪失により、停止処理を行う。	自主基準案	4.1.1(a)	4.1.1設置場所 設置場所は以下の内容に準拠する。 (a)電源パッケージは、容易に移動・転倒・脱落しないよう、十分堅固に設置・固定する。また必要に応じ地震に対する処置を施す。	（不要）
					自主基準案	6.4.1(d),(e)	6.4.1 非常停止装置 燃料電池システムには、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (d)制御装置に異常が生じた場合 (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合	
					JIS S 3024 （石油小形給湯機）	5.7	5.7 安全装置の構造 給湯機には、対震自動消火装置、点火安全装置、燃焼制御装置、停電安全装置、過熱防止装置及び電動機の過負荷保護装置を取り付けるものとし、その構造はJIS S 3030の5.6（安全装置の構造）の規定による。ただし、瞬間形の給湯機には、過熱防止装置は付けなくてもよい。	
	8)燃料供給異常	8)事故により燃料の供給が突然停止した	8)～10)事故により燃料又は水又は系統電力が突然なくなった	発電量不足により、停止処理を行う。	自主基準案	6.4.1(e)	6.4.1 非常停止装置 燃料電池システムには、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合	（不要）
	9)水供給異常	9)事故により水の供給が突然停止した		・補給水停止の場合、給湯はできないが、運転は通常通り継続される。 ・改質器への水の供給が停止した場合、水素の発生が止まるため、発電量不足により停止処理を行う。	自主基準案	6.4.1(e)	6.4.1 非常停止装置 燃料電池システムには、次の各号に掲げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない。 (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合	（不要）
	10)電力系統の異常	10)事故により系統電源が突然停止した		単独運転防止装置により、停止処理を行う。	系統連系技術要件ガイドライン	第2節2 (3),(4),(5)	保護装置の設置 (3)同期発電機又は誘導発電機を用いる場合には、高圧配電線と低圧配電線の混触時に低圧配電線に接続された機器を過電圧から保護するため、高速で検出し解列することのできる受動的方式の単独運転検出機能を有する装置等を設置する。 (4)逆変換装置を用いた発電設備を用いる場合であって逆潮流が有る場合は、単独運転防止のため、周波数上昇継電器及び周波数低下継電器を設置するとともに、単独運転検出機能（受動的方式及び能動的方式のそれぞれ一方式以上を含む。）を有する装置を設置する。	（不要）

		項目・事象	内　容	原　因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 （検討不要には（不要）と記載）
						名　称	章	概　要	
								(5)逆潮流が無い場合は、単独運転防止のため、以下の保護装置群を設置する。 ①逆変換装置を用いた発電設備を用いる場合には、逆電力継電器及び周波数低下継電器を設置するとともに、不足電圧検出機能及び不足電力検出機能の組み合わせ等により構成される逆充電検出機能を有する装置又は単独運転検出機能（受動的方式及び能動的方式のそれぞれ一方式以上を含む。）を有する装置の設置する。ただし、発電設備の出力容量が契約電力に比べて極めて小さい場合には、上記装置群の代わりに（4）に掲げる装置群を設置することができる。 ②同期発電機又は誘導発電機を用いる場合には、不足電力継電器及び周波数低下継電器を設置するとともに、逆電力継電器を設置する。ただし、（3）で設置した保護装置により単独運転が検出できる場合には、逆電力継電器を省略することができる。また、発電設備の出力容量が構内の負荷より常に小さく（3）で設置した保護継電器及び逆電力継電器により単独運転が検出できる場合は、不足電力継電器を省略することができる。	
						JIS S 2093 （家庭用ガス燃焼機器の試験方法）	17表18	17. 電気関係試験 電気機器関係試験は、表18によらなければならない。 （表18抜粋） 10.1　交流電源異常試験 (1)停電試験	
		11）火山灰等	11）火山灰や酸性雨等による詰まりや腐食等の発生	火山周辺市町村では、火山灰による影響あり	・硫黄酸化物により性能は低下するが、安全上の問題はない。 ・火山灰により吸気口閉塞の場合は8.4)②と同じ				（不要）

安全要件の抽出(9)

		項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 検討不要には(不要)と記載
						名称	章	概要	
機能面における安全上の基本的要件	9. 経時劣化による安全性低下の防止	1)セルスタックのガス漏洩	1)①クロスリークによる燃料極改質ガスと空気極空気の混合	1)①PEM・MEA(膜電極接合体)の経時劣化、内部マニホールドシール材の経時劣化	1)①a)経時劣化を考慮した材料選定 1)①b)開回路電圧の低下、電池電圧低下、電池温度高等の検知により自動停止	自主基準案	2.1.4 2.1.1 6.4.1	2.1.4燃料電池本体 (a)燃料電池本体は、想定される振動及び熱等による生じる応力に十分耐える構造とすること。 (b)燃料電池本体は、想定される使用環境において耐腐食性を有すること 2.1.1一般材料 (b)ゴムや、プラスチック等の非金属性の材料は、短期間で劣化することのないよう使用条件に応じた材料を選定すること。 6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に揚げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合 (f)燃料電池の温度が著しく上昇した場合	熱物質収支のずれ・ヒートバランスの崩れ等で、可燃ガスの漏洩が検知できるか検討が必要。 実機での検証が必要と考えられる。
			1)②スタック外への改質ガス漏洩	1)②ガスケット材の経時劣化	1)②a)経時劣化を考慮した材料選定 1)②b)電池電流・電圧の異常、電池温度高、可燃性ガス漏洩の検知等による自動停止	自主基準案	2.1.4 2.1.1 6.4.1 2.5	2.1.4燃料電池本体 (a)燃料電池本体は、想定される振動及び熱等による生じる応力に十分耐える構造とすること。 (b)燃料電池本体は、想定される使用環境において耐腐食性を有すること 2.1.1一般材料 (b)ゴムや、プラスチック等の非金属性の材料は、短期間で劣化することのないよう使用条件に応じた材料を選定すること。 6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に揚げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (a)燃料・改質系統内の燃料ガスの圧力又は温度が運転規定値を越えた場合 (c)室内に設置するものにあっては、燃料が漏えいした場合 (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合 (f)燃料電池の温度が著しく上昇した場合 2.5パッケージ内部のガス置換・漏洩 (b)パッケージは、内部に可燃性ガスが滞留しない構造とする	
		2)燃料改質器の燃料、ガス漏洩	2)①燃料改質器材料・溶接劣化による燃料および改質ガスの系内・系外への漏洩	2)①材料及び溶接部の経時劣化	2)①②経時劣化を考慮した材料の選定、強度設計	自主基準案	2.1.3	2.1.3燃料改質装置 (a)燃料改質装置は、想定される振動及び熱等による生じる応力に十分耐える構造とすること。 (b)燃料改質装置は、想定される使用環境において耐腐食性を有すること	
			2)②配管・機器接合部からの漏洩	2)②ガスケット材の経時劣化			7.2	7.2保守・点検 (c)ガス配管系については、漏洩、異常音、振動の有無などを確認する	
		3)各種安全装置・制御装置の故障	3)①保安に関わるセンサの故障、指示値ドリフト(不安全方向)	3)①センサの故障、経時変化	3)①a)各種センサが故障すると安全方向に作動するため、制御装置がこれを検知して安全に停止する(フェールセーフ) 3)①b)定期点検、メンテナンス時のバッテリー交換	自主基準案	6.4.1 7.2	6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に揚げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (a)燃料・改質系統内の燃料ガスの圧力又は温度が運転規定値を越えた場合 (b)改質器のバーナの火が消えた場合 (c)室内に設置するものにあっては、燃料が漏えいした場合 (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合 (f)燃料電池の温度が著しく上昇した場合 7.2保守・点検 (a)全体システムについては、目視による点検、運転中における異常の有無の確認を行う。 (d)部品交換は、メーカー等が定める周期及び方法で行う	(不要)

	項目・事象	内 容	原 因	考えうる対策	関連する現状の規格・規程など			要検討項目 検討不要には(不要)と記載
					名称	章	概要	
		3)②制御装置の故障・電源断	3)②経時劣化、電源装置・制御電源用バッテリ等故障	3)②a)制御装置故障・制御電源断の場合は、緊急停止、フェールセーフとなる 3)②b)制御電源用バッテリー等を定期的に交換する	自主基準案	7.2 6.4.1	7.2保守・点検 (d)部品交換は、メーカー等が定める周期及び方法で行う 6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に揚げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (d)制御装置に異常が生じた場合	(不要)
	4)補機部品の性能劣化	4)ポンプ、ファン等の性能が低下した	4)補機部品の経時劣化	4)①バーナ失火、電源電圧低、電池温度異常高温等を検知し、自動停止。 4)②耐久性を考慮した機器の選定、メンテナンス	自主基準案	6.4.1 7.2	6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に揚げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (b)改質器のバーナの火が消えた場合 (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合 (f)燃料電池の温度が著しく上昇した場合 7.2保守・点検 (a)全体システムについては、目視による点検、運転中における異常の有無の確認を行う。 (d)部品交換は、メーカー等が定める周期及び方法で行う	(不要)
	5)電圧(出力)の異常	5)電圧(出力)低下	5)改質触媒劣化、セルスタック劣化	5)電池電圧低で停止する。安全上問題なし。電池スタックは劣化状況を見ながら交換するか、定期的に交換する	自主基準案	6.4.1 7.2	6.4.1非常停止装置 燃料電池システムは、次の各号に揚げる場合に自動的に停止する装置を設けなければならない (e)燃料電池の発生電圧に異常が生じた場合 7.2保守・点検 (d)部品交換は、メーカー等が定める周期及び方法で行う	(不要)
	6)消耗部品	6)フィルター、イオン交換樹脂等の性能低下	6)消耗、磨耗、目詰まり等経時変化	6)メンテナンスによる整備	自主基準案	7.2	7.2保守・点検 (a)全体システムについては、目視による点検、運転中における異常の有無の確認を行う。 (d)部品交換は、メーカー等が定める周期及び方法で行う	(不要)
	7)材料腐食	7)①腐食、錆等による機能低下 7)②触媒等の性能低下	7)①②塩害・酸性雨	7)①塩害、酸性雨を考慮した材料設計、構造設計 7)②塩害、酸性雨等により劣化が加速しない触媒等の開発	自主基準案	2.1.1 2.1.3 2.1.4	2.1.1一般材料 (a)パッケージパネルは使用条件での腐食に対し十分な耐性を有する。 2.1.3燃料改質装置 (b)燃料改質装置は、想定される使用環境において耐腐食性を有すること 2.1.4燃料電池本体 (b)燃料電池本体は、想定される使用環境において耐腐食性を有すること	